RÉPERTOIRE
CHROMATIQUE

SOLUTION RAISONNÉE ET PRATIQUE
DES PROBLÈMES LES PLUS USUELS
DANS L'ÉTUDE ET L'EMPLOI DES COULEURS.

VINGT-NEUF TABLEAUX EN CHROMO,
REPRÉSENTANT 952 TEINTES DIFFÉRENTES ET DÉFINIES,
GROUPÉES EN PLUS DE 600 GAMMES TYPIQUES;

PAR

Charles LACOUTURE,
Ancien Professeur de Sciences physiques et naturelles à l'École Saint-Clément de Metz.

Iris erat in circuitu sedis.
Ap. IV, 3.



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1890

RÉPERTOIRE CHROMATIQUE

A LA MÉMOIRE VÉNÉRÉE

DE

MONSIEUR E. CHEVREUL





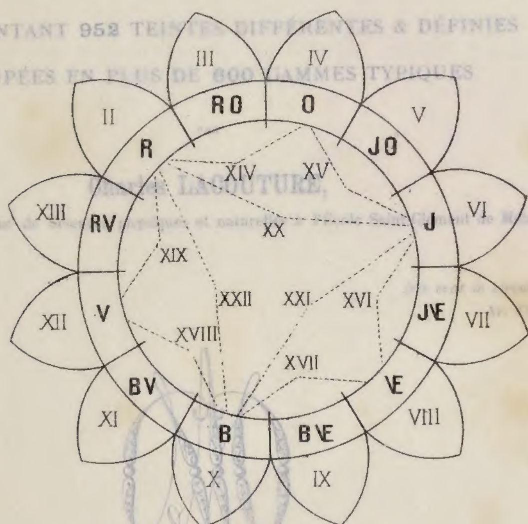
ROSE SYNOPTIQUE



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. C. Severeyns.

DIAGRAMME DE LA ROSE SYNOPTIQUE



R	représente	le rouge ;	VE	représente	le vert ;
RO	»	le rouge-orangé ;	B VE	»	le bleu-vert ;
O	»	l'orangé ;	B	»	le bleu ;
JO	»	le jaune-orangé ;	BV̇	»	le bleu-violet ;
J	»	le jaune ;	V̇	»	le violet ;
J VE	»	le jaune-vert ;	RV̇	»	le rouge-violet.

Les chiffres romains désignent les n^os^ des planches qui correspondent aux diverses parties de la rose synoptique.

ROSE SYNOPTIQUE



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

RÉPERTOIRE CHROMATIQUE

SOLUTION RAISONNÉE & PRATIQUE DES PROBLÈMES LES PLUS USUELS

DANS

L'ÉTUDE & L'EMPLOI DES COULEURS

VINGT-NEUF TABLEAUX EN CHROMOS

REPRÉSENTANT **952** TEINTES DIFFÉRENTES & DÉFINIES

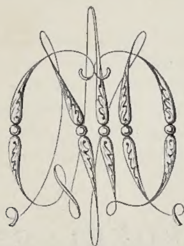
GROUPÉES EN PLUS DE **600** GAMMES TYPIQUES

PAR

Charles LACOUTURE,

Ancien professeur de Sciences physiques et naturelles à l'École Saint-Clément de Metz.

Iris erat in circuitu sedis.
Ap. IV. 3.



PARIS

BRUXELLES
IMPRIMERIE & LITHOGRAPHIE POLLEUNIS & CEUTERICK
35, RUE DES URSULINES, 35

TABLE

DES

DIVISIONS PRINCIPALES DU TEXTE

INTRODUCTION

Parmi les diverses branches des connaissances humaines, une des moins avancées et dont cependant le besoin se fait sentir le plus souvent, c'est la chromatique *ou science pratique des couleurs.*

Savants ou artistes, fabricants ou commerçants, sont à tout instant en demeure, ici de définir les couleurs qu'ils constatent, produisent ou utilisent ; là de les associer harmonieusement, ou de les reproduire à coup sûr; tous, plus ou moins arrêtés, s'en tiennent à des à peu près et à des tâtonnements.

Depuis de longues années, il est vrai, le regretté M. E. Chevreul a débrouillé le chaos qui régnait avant lui en chromatique. Mieux outillé que personne par ses aptitudes naturelles, sa science profonde, sa situation privilégiée de Directeur des teintures à la manufacture des Gobelins ; par sa persévérance infatigable à poursuivre les mêmes études au cours d'une existence d'un siècle, le révéré et illustre savant a fait faire un grand pas à l'étude pratique des couleurs. Il a donné des définitions, posé les bases d'une nomenclature méthodique, établi des principes et des lois, représenté un grand nombre de types, etc., c'était un progrès très réel. Mais il faut le reconnaître, le commun des savants et le public artistique ou industriel ne se sont pas grandement ressentis de ce progrès, n'en ont pas profité autant qu'on aurait pu s'y attendre : la nomenclature proposée n'est pas entrée dans l'usage général ; les lois des couleurs complémentaires, du contraste simultané, successif ou mixte, sont quelquefois citées et souvent méconnues ; les cercles chromatiques peu employés.

L'auteur de la présente publication voudrait, si possible, combler ces lacunes. Il se propose de simplifier et de compléter l'œuvre de M. E. Chevreul, savoir :

1° La nomenclature, *par un système de* notations chromatiques *révélant au premier coup d'œil qualitativement et quantitativement les teintes qu'elles représentent.*

2° La théorie, *en déduisant toutes les lois chromatiques de quelques principes et faits fondamentaux et en mettant en pleine évidence l'enchaînement qui rattache ces lois les unes aux autres.*

3° Les représentations typiques, *par des tableaux où toutes les teintes, échelonnées à la fois selon leur ton et leur nuance, révèlent immédiatement leur dérivation, leur composition et leurs parentés harmoniques.*

4° Les applications, *en offrant la solution raisonnée et pratique des problèmes les plus usuels dans l'étude et l'emploi des couleurs.*

De là cette division naturelle de notre texte en quatre livres :

I. Les définitions et les notations.

II. Les théorèmes fondamentaux.

III. Les tableaux typiques ou instruments de repère.

IV. Les applications ou solution des problèmes.

Chemin faisant, nous aurons l'occasion de rappeler ou d'établir nombre de faits dont la connaissance est d'une grande utilité dans les arts, l'industrie et la vie domestique.

L'œuvre s'adresse donc à un public nombreux et varié : aux savants et aux artistes, aux fabricants et aux commerçants, aux teinturiers, aux tapissiers et aux modistes, à tous ceux qui s'occupent de décoration et à quiconque n'est pas indifférent à l'emploi ou à l'effet des couleurs.

Toutes les sciences d'observation ont à tenir compte des couleurs, à en parler dans la description de leurs objets d'étude. Quel avantage n'y aurait-il pas en histoire naturelle *à pouvoir définir exactement la teinte de toute substance minérale ou organique, la couleur des différentes parties des végétaux et des animaux, à préciser les variations de nuance ou de ton que l'on peut constater dans le même individu aux différentes époques de sa vie, ou d'un individu à l'autre dans une même espèce !*

Combien dans l'industrie, le commerce ou les métiers, de gens qui produisent, vendent ou emploient soit des couleurs, soit des étoffes pour vêtements ou ameublements, des papiers, des articles quelconques dont la couleur dirige le choix ! N'y aurait-il pas pour tous un intérêt majeur à pouvoir désigner les couleurs de manière à ce qu'elles fussent comprises et reproduites à distance, sans être contraint d'en venir, pour s'entendre, à l'envoi de spécimens et d'échantillons ?

Toutes les personnes qui, par goût ou devoir d'état, s'occupent de tapisserie *ou de* peinture, *de* modes *ou d'*arts décoratifs, *ont constamment à juger des couleurs et de leurs associations, à apprécier leur consonnance ou dissonance, à déterminer les gammes dont fait partie une teinte donnée, ou encore à harmoniser deux teintes plus ou moins éloignées. Notre travail leur donne une solution aussi facile que complète de ces divers problèmes.*

Enfin, croyons-nous, ces recherches ne seront pas sans intérêt pour le philosophe. *D'abord, leur objet,* les couleurs, *ont leur nature et leur importance ontologique et morale. Sont-elles purement subjectives comme le veulent quelques uns, ou ont-elles une réalité objective comme nous le pensons? Le lecteur en jugera.* Les couleurs *parlent aux yeux, comme* les sons *aux oreilles, comme* les odeurs *et* les saveurs *à leur sens respectif; ce sont là autant de moyens à l'aide desquels l'enfant entre tout d'abord en conversation avec le monde. Parmi ces quatre idiomes particuliers, quel rang tiennent les couleurs? On voit assez clairement leur supériorité sur les odeurs et les saveurs; ces deux dernières sensations appartiennent plutôt à la vie inférieure et trouvent leur plus grand développement chez les animaux, tandis que la perception des couleurs et des sons, au moins dans sa plénitude, est l'apanage d'une vie supérieure; seul l'homme sait être musicien et coloriste.*

Il est peut-être plus difficile de décider qui, des sons ou des couleurs, l'emporte en excellence. Assurément, il nous est beaucoup plus utile de savoir distinguer les sons que de pouvoir nous rendre compte des couleurs; de toutes les sensations celle du coloris est la plus accessoire. Mais combien de fois l'absence de l'accessoire nous devient plus sensible que le manque du nécessaire! Il est des heures dans la vie où l'on oubliera volontiers le besoin d'aliments pour l'apparition d'un rayon de soleil, la vue d'une simple fleur. Que nous en ayons conscience ou non, les couleurs répondent à un besoin et sont pour nous une source de jouissance. C'est pourquoi l'homme tient instinctivement à donner à ses œuvres le charme vivant, la séduction de la couleur. Les arts de la peinture et de la teinture sont nés de ce besoin, et de fait, les couleurs ont un rôle nécessaire dans le vêtement, l'habitation, l'ameublement de l'homme.

Sans être moins réelles que les sons, les couleurs ont, sous un certain rapport, quelque chose de moins matériel. Les unes et les autres sont le résultat de vibrations; mais tandis que les vibrations du son ont l'air atmosphérique pour mobile et pour véhicule, c'est l'éther des physiciens, le fluide le plus subtil dont nous ayons l'idée, qui se meut dans la couleur et l'amène à nos yeux.

Si la nature semble avoir perdu le secret des mélodies nettement caractérisées, elle a du moins gardé celui d'associer les couleurs; chez elle l'harmonie des tons ne se dément jamais. Si la nature sensible ne nous offre pas de concerts du genre de ceux que produit le génie musi-

cal, elle défie les efforts du coloriste dans les chefs-d'œuvre de couleur qu'elle réalise aux yeux de tous. " Chaque jour le soleil renouvelle l'inépuisable écrin des diamants de l'aurore et des pierreries du couchant. „ (Ch. Blanc.)

On a dit que les couleurs parlent surtout aux sens. C'est trop souvent vrai. Cependant, sous le pinceau des artistes dignes de ce nom ou mieux encore dans les tableaux variés de la nature, leur langage est loin d'être sensuel; il est tout spiritualiste à qui veut l'entendre; il nous soustrait même à la domination de la matière et donne à notre âme de déployer ses ailes.

Une comparaison nous introduira dans l'intelligence de ce rôle des couleurs. Une jeune mère se plaît à embellir le berceau de l'enfant qu'elle doit bientôt mettre au jour; elle aime à y placer des garnitures de rubans aux fraîches couleurs; elle fait de cette parure l'expression de sa tendresse.

Le créateur de toutes choses, avant d'appeler l'homme à l'existence, a aimé lui aussi à décorer le séjour qu'il destinait à sa créature privilégiée et y a déployé les richesses d'une palette toute divine, afin que l'homme eût sous les yeux, dans la variété et le charme des nuances qui ornent les trois règnes de la nature, un memento permanent de l'affection de son Dieu. Les couleurs dans l'univers sont le sourire de la bonté divine.

Elles sont mieux encore : le livre de la Genèse nous rapporte l'histoire de la disgrâce encourue par nos premiers parents, et comment, en punition de leur infidélité, la terre ne devait plus leur offrir que des ronces et des épines. Or voici qu'au sortir du Jardin de délices dont ils étaient bannis, Adam et Ève ne tardèrent pas à rencontrer des fleurs étalant leurs riches couleurs.

On peut imaginer la douce surprise de nos premiers parents, l'émotion attendrie avec laquelle Ève, cueillant quelques-unes de ces fleurs et les présentant à Adam, lui disait : Vois, le Seigneur ne nous tient pas rigueur; dans sa clémence, *il a laissé des roses au milieu des épines, des fleurs au milieu des ronces, pour nous rendre moins triste cette terre d'exil.*

Quand plus tard au jour du déluge universel, seule la famille de Noë échappa par miracle à l'épouvantable fléau, pour la rassurer sur l'avenir, Dieu eut encore recours à l'éloquence des couleurs. Ainsi qu'il arrive quand le beau temps succède à l'orage, alors le soleil reparaissait radieux, sa lumière tamisée dans les dernières gouttes des nuées qui s'éloignaient, se déroulait en écharpe aux mille couleurs. Quel contraste entre la sombre désolation des jours précédents et la brillante apparition de ce météore! C'est précisément cet arc-en-ciel *que Dieu prit à témoin et donna comme gage de la promesse qu'il n'y aurait plus de déluge. Si cet arc céleste ne se montre qu'accidentellement, ses riches couleurs se retrouvent à toute*

heure dans la nature, non plus juxtaposées de manière à faire ressortir leur diversité, mais réparties çà et là de façon à ce que chacune d'elles vienne, tantôt l'une, tantôt l'autre, reposer nos yeux par les charmes et l'étendue de ses gammes. Ainsi, à côté de cette ceinture irisée que déploient les nues après la pluie, il en est une autre, plus nuancée encore, que la main divine a jetée comme un léger manteau sur ce monde matériel, une autre Iris *qui est constamment sous nos yeux. L'univers tout entier est irisé, diapré, et l'on peut dire de l'homme, roi de la création, comme du roi des cieux lui-même : son trône est entouré de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.* Iris erat in circuitu sedis. Ap. III. 3.

Qui donc n'a admiré cette inépuisable variété de couleurs que nous offre la nature depuis le plumage des oiseaux, les ailes des papillons, la corolle des fleurs, l'éclat des pierres précieuses, jusqu'à l'azur du ciel et aux magnificences du soleil qui se couche ou de l'aurore qui s'éveille? Ces merveilleuses beautés, Dieu les fait briller également aux yeux de tous. Qu'en sera-t-il alors des ravissements qu'Il réserve pour l'éternité aux yeux de qui l'aura fidèlement servi? L'esprit de l'homme ne saurait le concevoir, mais son cœur peut en avoir un pressentiment.

Puissent ces réflexions, ami lecteur, vous faire trouver, à la vue et dans l'étude des couleurs, la consolation et les encouragements qu'y puise l'auteur de ce modeste ouvrage.

Verdun, 31 Juillet 1890.



LIVRE PREMIER

LES DÉFINITIONS

AVANT-PROPOS

La région que nous allons parcourir est encore peu explorée ; souvent nous avons dû nous ouvrir un passage à travers un fourré de questions complexes et épineuses. Heureusement des amis éclairés et dévoués ont bien voulu nous aider de leurs conseils. Qu'il nous soit permis de leur exprimer ici notre gratitude, particulièrement au D[r] S. Legouis et à M. le professeur Ed. Villaume, S. J. Malgré ces secours et toute notre attention, nous n'avons peut-être pas su échapper à toutes les illusions ; c'est très possible. Nous nous tiendrons grandement obligé envers quiconque voudra bien nous signaler quelque erreur.

N. B. — Les *numéros gras* entre parenthèses qui se trouvent dans le texte renvoient aux articles à consulter.

CHAPITRE I

LES COULEURS ET LEURS CLASSIFICATIONS

1. Notion de la lumière et des couleurs. — Parmi les phénomènes de la nature, il en est un certain nombre que tout le monde connaît, sur la notion desquels il ne saurait y avoir de confusion et dont cependant la définition n'est pas sans difficulté. Tels sont les phénomènes désignés par les mots *lumière* et *couleurs*.

Objet spécial du sens de la vue, ces phénomènes sont l'effet d'un mouvement vibratoire imprimé aux atomes de l'éther, mouvement qui se modifie et varie avec les corps dont il émane. De cette idée générale résultent diverses acceptions pour les mots *lumière* et *couleurs*, suivant qu'on les applique, soit à la sensation, soit aux rayons vibratoires, soit enfin aux corps d'où partent ces rayons ; c'est-à-dire, selon que l'on se place au point de vue physiologique, physique ou technique.

2. Définitions diverses de la lumière et des couleurs. — Pour les *physiologistes,* la lumière, quelle qu'en soit la cause, se confond avec l'impression qui répond exclusivement au sens de la vue ; la lumière incolore correspond pleinement aux aptitudes de notre œil, la lumière colorée ou couleur n'y répond que partiellement et d'une manière spéciale.

Pour les *physiciens*, la lumière incolore est la résultante de tous les rayons colorés et chaque couleur est spécifiée par la longueur particulière de ses ondulations.

Pour les *peintres*, les *teinturiers*, les *tapissiers*, etc., la lumière est la condition essentielle à la manifestation de la couleur des corps et celle-ci est la *propriété qu'ont les corps d'affecter le sens de la vue d'une façon particulière*.

A moins d'indications contraires, données par le contexte ou autrement, c'est toujours en ce dernier sens que nous parlerons des couleurs. En ce répertoire, *il s'agit surtout des corps colorés et spécialement des matières colorantes ou pigments* (1) en tant qu'ils affectent notre œil. Ce point de vue est donc fort différent de celui où se placent les physiciens qui considèrent les rayons lumineux indépendamment du corps qui les émet, et, autant que possible, en dehors de la sensation qu'ils produisent.

3. Couleurs principales et couleurs auxiliaires. — A notre point de vue, parmi les couleurs si variées que nous offrent l'art et la nature, il y a six couleurs principales. Ce sont : le *rouge*, l'*orangé*, le *jaune*, le *vert*, le *bleu* et le *violet*. Il faut y adjoindre le *blanc* et le *noir*. Plusieurs hésitent à reconnaître des couleurs dans le *blanc* et le *noir*. De fait, pour les *physiciens*, le blanc n'est que la représentation de la lumière incolore, et le noir, celle de l'obscurité ou de l'absence de lumière. Bien plus, on dira communément d'une personne vêtue en deuil, qu'elle ne porte pas de vêtements de couleur, etc., etc. C'est vrai, *le blanc et le noir ne sont pas des couleurs proprement dites ;* ces deux couleurs n'ont rien de *chromatique*. Elles sont cependant des couleurs dans un sens fort exact, car elles produisent sur nos yeux une impression particulière au moins par un effet de contraste. Personne ne dira incolore le lait ou l'encre ; tous déclarent la neige blanche et le charbon noir ; chez les fabricants et les marchands de couleurs, ou sur la palette des peintres, le *blanc* et le *noir* figurent au même titre que les autres couleurs ; donc ce sont des couleurs. Nous les nommerons *couleurs auxiliaires* parce qu'on leur doit la formation de toutes les teintes plus ou moins

(1) Le mot pigment — *pigmentum* de *pingere* peindre — est souvent réservé aux substances colorées naturelles ; nous l'appliquerons d'une manière plus générale à toutes les *couleurs matérielles*, naturelles ou artificielles, solides ou liquides, par opposition aux *couleurs spectrales* ou rayons colorés considérés indépendamment de leur source.

claires, assombries ou *grisées* d'une même couleur. Le *gris*, en effet, n'est qu'une couleur dérivée du blanc et du noir.

4. Couleurs primitives et couleurs dérivées. — Habituellement les physiciens discutent l'existence aussi bien que la nature des couleurs primitives parce qu'ils ne considèrent que les rayons colorés. Nous, qui nous occupons avant tout des pigments colorés, nous reconnaissons avec tous les peintres que les trois couleurs *rouge, jaune* et *bleu* suffisent pour reproduire toutes les autres et nous leur donnons en conséquence le nom de *couleurs primitives.* Toutes les autres couleurs sont des *couleurs dérivées.* Nous avons d'abord l'*orangé,* le *vert* et le *violet* que nous nommons *dérivées immédiates;* viennent ensuite les *dérivées de second ordre* qui sont le *rouge-orangé,* le *jaune-orangé,* le *jaune-vert,* le *bleu-vert,* le *bleu-violet* et le *rouge-violet;* au delà sont les *dérivées d'ordres inférieurs.*

Dans la nature, les couleurs ne sont pas définies par des limites ; elles passent insensiblement de l'une à l'autre. On s'accorde néanmoins à reconnaître les six couleurs que nous avons qualifiées plus haut (3) de principales, c'est-à-dire, les trois couleurs primitives et leurs dérivées immédiates. Quiconque a les yeux bien constitués, distinguera toujours facilement ces couleurs, quand leur nuance est nettement accusée. Mais, s'il s'agit de reconnaître des couleurs dérivées de second ordre et au delà, les avis se partageront souvent.

Définissons donc, d'une manière aussi précise que possible, toutes les couleurs dont nous pouvons avoir à parler.

Actuellement, nous nous contenterons de les caractériser par leur *équidistance physiologique*. Faisons-nous comprendre :

Deux couleurs sont aux yeux de tous d'autant plus voisines qu'elles se ressemblent davantage, d'autant plus éloignées l'une de l'autre qu'elles diffèrent davantage ; donc une couleur est *équidistante* de deux autres, quand elle leur ressemble ou en diffère au même degré. Ce terme expliqué, nous disons :

Les *couleurs primitives* le rouge, le jaune, le bleu sont définies par ce caractère qu'elles sont toutes trois *équidistantes* l'une de l'autre, c'est-à-dire, qu'elles sont également étrangères l'une à l'autre.

Toute *couleur dérivée* est caractérisée par son *équidistance* des couleurs dont elle dérive. Par exemple, le vrai vert se reconnaît à ce qu'il est pour notre œil également éloigné du bleu et du jaune dont il dérive.

C'est sur ce principe que M. Chevreul a basé la construction de ses cercles chromatiques. Voici comment il s'exprime dans son Mémoire : « Entre trois échantillons aussi francs que possible du rouge, du jaune et du bleu, on a intercalé des couleurs également éloignées de leurs extrêmes respectifs (1) ».

On verra plus loin (27) que cette équidistance s'appuie sur les données physiques aussi bien que sur l'expérience physiologique.

5. Autres distinctions. — On classe encore les couleurs d'après leur *luminosité* relative, c'est-à-dire, d'après leur pouvoir éclairant, et, sous ce rapport, c'est la couleur jaune qui l'emporte sur toutes les autres. On pourrait peut-être trouver une raison de cette prééminence du jaune, sous le rapport de la luminosité, dans ce fait que le Soleil, notre type lumineux, appartient au groupe des étoiles jaunes (2). D'autres fois on range les couleurs d'après leur *éclat* relatif, c'est-à-dire, d'après la vivacité, la puissance avec laquelle une couleur éveille l'attention, appelle le regard. Sous ce rapport c'est le rouge qui occupe le premier rang; il devient facilement tapageur, attire les yeux plus que toute autre couleur et flatte le regard des enfants ainsi que de toute personne dont le sens chromatique n'est pas cultivé.

On distingue enfin les *couleurs chaudes* et les *couleurs froides*. Les premières sont celles qui rappellent une impression de lumière, de chaleur et de vie ; telles sont le rouge, l'orangé, le jaune. Le violet, le bleu, le vert sont réputés couleurs froides ; l'orangé est la plus chaude des teintes comme le bleu est la plus froide.

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences*, t. XXXIII, p. 26.
(2) Cfr. *Les étoiles*, par le P. Secchi, S. J., tome I, p. 92.

CHAPITRE II

MODIFICATIONS DONT SONT SUSCEPTIBLES LES COULEURS

6. Tons et nuances. — Les couleurs ou teintes peuvent différer entre elles soit par le *ton,* soit par la *nuance.*

Le *ton* d'une teinte est *le degré d'intensité chromatique de cette teinte.*

L'*intensité chromatique* (1) d'une teinte, c'est le rapport existant, en cette teinte, entre les couleurs proprement dites et les couleurs auxiliaires.

Toute couleur, le rouge par exemple, a son maximum d'intensité chromatique, quand il n'est pas affaibli par la présence soit du blanc, soit du noir. Une quantité plus ou moins grande de blanc ou de noir mêlée à la couleur lui donne autant de degrés différents d'intensité et par suite autant de tons différents.

On distingue quatre sortes de tons :

Le *ton franc* dans lequel la couleur a son maximum d'intensité chromatique.

Les *tons lavés* dans lesquels l'intensité est atténuée par l'addition du blanc ou, ce qui revient au même, par la dilution de la couleur sur un fond blanc.

(1) Bien que le mot *chromatique* désigne tout ce qui concerne les couleurs en général, cependant il exprime plus strictement le caractère des couleurs proprement dites ; c'est en ce sens plus strict que nous l'employons ici pour distinguer ces couleurs des couleurs auxiliaires.

Les *tons rabattus* obtenus par la présence d'une quantité plus ou moins grande de noir ou d'obscurité.

Les *tons grisés* produits par l'adjonction simultanée du blanc et du noir.

L'addition progressive du blanc ou du noir dans une couleur la fait passer successivement par tous les tons lavés ou rabattus, et, finalement, l'éteint dans le blanc ou dans le noir. Entre ces deux couleurs auxiliaires le blanc et le noir comme limite, tous les tons d'une couleur s'échelonnent, et l'on peut dire que *le ton d'une couleur indique la place qu'elle occupe dans l'échelle allant du blanc au noir* en passant par le maximum d'intensité chromatique.

La *nuance* d'une couleur est *le degré de parenté chromatique de cette couleur* considérée soit comme souche, soit comme dérivée d'autres couleurs. Par exemple, la couleur jaune appartient au groupe des nuances plus ou moins jaunes, elle en est la souche ; le jaune vert est une nuance dérivée du jaune et du vert. *La nuance indique la place occupée par une couleur dans la série chromatique* (24-26).

Quand on dit d'une *nuance* qu'elle est *franche, lavée, rabattue, grisée,* on désigne d'une manière générale le ton de la nuance en question.

Enfin, remarquons-le, le ton dépend des couleurs auxiliaires le blanc et le noir, tandis que la nuance est due aux couleurs proprement dites.

7. Gammes et gammes de tons. — On nomme *gamme* une série de teintes graduées par des modifications de même nature. Suivant que la graduation portera sur le ton ou sur la nuance ou sur tous les deux, on aura des gammes de tons ou des gammes de nuances ou des gammes composées.

Les diverses sortes de tons donnent lieu à trois espèces de gammes, savoir, lavée, rabattue et grisée.

La gamme lavée d'une couleur, c'est la série des tons lavés allant graduellement du blanc au ton franc ou maximum chromatique de cette couleur (6).

La gamme rabattue d'une couleur, c'est la série des tons rabattus allant graduellement au noir en partant du ton franc ou maximum chromatique de cette couleur.

La gamme grisée d'une couleur résulte de la combinaison des deux gammes lavée et rabattue de cette couleur.

8. Gamme du blanc et du noir; couleur pure, franche, normale. — Tandis que toutes les couleurs proprement dites ont une gamme lavée et une gamme rabattue distinctes, les couleurs auxiliaires, le blanc et le noir, n'ont pour elles deux qu'une seule gamme de tons, gamme lavée du blanc ou rabattue du noir et qui mieux encore peut être appelée la *gamme du gris*. Mais cette dernière reste auxiliaire, elle ne saurait être en parallélisme parfait avec les autres gammes, car son maximum d'intensité est moitié moins distant du blanc et du noir que ne l'est le ton franc des autres couleurs.

On nomme *pure* toute couleur qui n'est ni rabattue ni grisée. Une couleur peut être lavée sans cesser d'être pure : un rose peut être pur bien qu'il soit un ton lavé du rouge.

On qualifie de *franc* ou de *franche* tout ton, toute couleur ou nuance qui n'est ni lavée, ni rabattue, ni grisée ; toute teinte qui a son maximum chromatique.

On dit enfin qu'une couleur est *normale* quand elle répond exactement sous le point de vue de la nuance au nom d'une couleur soit primitive, soit dérivée immédiate, soit dérivée de second ordre. On dira d'une teinte qu'elle est le rouge normal, l'orangé normal, le rouge-orangé normal. Les dérivées d'ordre inférieur au second ne répondent plus normalement à aucun nom, bien qu'elles aient leur formule.

9. Gammes de nuances et gammes composées. — Une série de tons francs dont la nuance est graduée forme une *gamme de nuances;* elle résulte de l'association de deux couleurs différentes ; par exemple, la gamme des différentes nuances (franches) de l'orangé obtenue par l'association graduée du jaune et du rouge.

On nommera *gamme composée* la série de teintes dont la gradation porte à la fois sur le ton et sur la nuance ; on en aura de nombreux exemples dans nos tableaux typiques.

10. Teinte, valeur. — Le mot *teinte*, on a pu le constater par l'usage que nous en avons fait, est un mot générique qui s'applique au ton, à la nuance, à une couleur quelle qu'en soit la modification. On dit également bien une teinte verte, une teinte claire, une teinte grise.

Quant au terme *valeur,* il a été employé dans un grand nombre de sens. Nous n'en indiquerons que deux. S'il s'agit d'un mélange de couleurs à effectuer, le mot valeur s'entend de la *puissance colorante* de chaque couleur. En ce sens on dira que les couleurs dérivées de l'aniline ont une plus grande valeur que la gomme-gutte.

S'il est question d'apprécier l'effet plus ou moins grand que produit une couleur juxtaposée à d'autres couleurs, alors la *valeur* est la *puissance optique* de la teinte donnée, comparativement à celle des autres teintes. Cette valeur optique pour un même ton dépend de la luminosité et de l'éclat de la teinte en question (5).

CHAPITRE III

NOTATIONS CHROMATIQUES

11. Nature et rôle des notations chromatiques. — La nomenclature dont nous venons de rappeler les bases dans les définitions qui précèdent, n'aura toute son importance pratique qu'autant qu'elle sera accompagnée et aidée de *notations symboliques* analogues à celles qu'emploient les chimistes. Ces notations doivent, sous la forme la plus brève et la plus claire, faire connaître à première vue la teinte dont il s'agit. Celles que nous allons proposer représenteront les teintes à la fois qualitativement et quantitativement, c'est-à-dire qu'elles révéleront la nuance et le ton des teintes en question, ainsi que les proportions de leurs éléments, si elles sont composées ou dérivées.

§ 1er. *Notation qualitative des couleurs.*

12. Point de départ. — Les couleurs ne diffèrent *qualitativement* que par la *nuance* qui les spécifie. Or toute nuance dépend de son degré de parenté avec les trois couleurs primitives ou avec leurs trois dérivées immédiates (4 et 6). Il suf-

fira donc d'un petit nombre de symboles ou de signes conventionnels pour représenter toutes les nuances imaginables.

13. Notations des couleurs principales. — Les symboles des six couleurs *principales* et des deux couleurs *auxiliaires* seront leurs initiales :

R pour le rouge ;	**J** pour le jaune ;
B pour le bleu ;	**O˙** pour l'orangé ;
VE pour le vert ;	**V̇** pour le violet ;
B^{c} pour le blanc ;	**N** pour le noir.

Dans la lecture de ces notations et des formules dont elles peuvent faire partie, on trouvera commode de prononcer **VE** vé et **V̇** vi.

Nous ne disons rien du *gris,* couleur dérivée des couleurs auxiliaires, aussi immédiatement que **VE**, **O** et **V̇** dérivent des couleurs primitives associées deux à deux ; on verra plus loin (21) que le gris peut, sans aucun symbole particulier, être représenté et évalué dans les formules, à l'aide des notations des autres couleurs.

Quant aux nuances *dérivées d'ordre inférieur,* elles seront suffisamment définies et figurées par la représentation quantitative de leurs éléments, ainsi qu'on va le constater.

§ 2e. *Notation quantitative des couleurs.*

14. Point de départ. — Les différents *tons* d'une couleur ou degrés d'intensité chromatique (6) résultent de la *quantité* plus ou moins grande de couleur sur l'*unité de surface.* Il s'agit d'évaluer cette quantité que nous avons à représenter par des notations.

Nous avons plus haut (4) caractérisé les couleurs dérivées par leur équidistance physiologique relativement à leurs composantes ; cet équilibre de la couleur dérivée entre ses deux parentes suppose une certaine équivalence des quantités associées pour former cette dérivée. Par exemple, si le vert normal est, pour nos

yeux, en équilibre entre le jaune et le bleu, c'est que les quantités de jaune et de bleu qui constituent le vert s'équivalent chromatiquement. En quoi consiste cette *équivalence chromatique?* Ce n'est pas une égalité de poids ou de volume, car l'expérience nous montre que, pour faire du vert, il faut beaucoup moins, en poids et en volume, de bleu de Prusse que de gomme-gutte, bien que la luminosité de cette dernière soit supérieure à celle du bleu. Si les deux quantités associées de bleu et de jaune s'équilibrent dans le vert normal c'est que *ces deux quantités s'équivalent sous le rapport de la valeur colorante*. Cette équivalence sera le point de départ de notre notation quantitative.

15. Constance de l'équivalence chromatique. — La valeur colorante dépend pour chaque pigment de sa nature, et, dans l'application, principalement de sa divisibilité ou solubilité ; elle peut varier d'un pigment à l'autre et reste constante pour une même substance dans les mêmes conditions physiques. Nous avons ainsi un rapport constant entre les quantités de deux mêmes couleurs qui s'équilibrent pour former une même dérivée. C'est-à-dire que dans la formation de l'orangé O par exemple, et du violet V̇, toujours une même quantité m de rouge R équivaut chromatiquement à une quantité n de jaune J et à une quantité p de bleu B. Mais quand deux quantités n et p sont équivalentes à une troisième m elles sont équivalentes entre elles ; nous pouvons donc conclure que n de J et p de B s'équivalent dans la formation de VE, et formuler d'une manière générale l'équivalence chromatique : La même quantité m de R qui équilibre une quantité n de J pour former O, équilibre également pour constituer V̇ une quantité p de B qui équilibre à son tour n de J dans la formation de VE. Conséquemment aussi, si la quantité m de R est suffisante pour donner le ton franc (6) sur l'unité de surface, n de J et p de B donneront également le ton franc ou le maximum chromatique de J et de B sur la même unité de surface.

De plus, m de R et n de J associés pour former O, leur dérivée, donneront le ton franc de cette dernière sur deux unités de surface ; cet orangé contiendra donc par unité de surface $\frac{m}{2}$ de R et $\frac{n}{2}$ de J.

16. Équivalents chromatiques. — Nous appellerons *équivalents chromatiques* les quantités relatives de couleur qui s'équilibrent dans la formation des couleurs

dérivées et peuvent se remplacer dans les dérivées de même ordre. *Ces mêmes quantités relatives suffisent, pour chaque couleur, à donner le ton franc ou maximum chromatique, sur l'unité de surface.* Ces quantités pourront être déterminées expérimentalement pour chaque nature de couleur, en les examinant toutes dans les mêmes conditions, par exemple dans le même liquide, si elles sont délayées dans un liquide, etc. Cette détermination, vu le grand nombre de variables qui peuvent intervenir, n'aura pas la rigueur de la détermination des équivalents chimiques (rigueur qui n'est pas nécessaire en chromatique), mais elle serait un vrai progrès et offrirait de nouvelles ressources.

En attendant, le seul fait de la conception des équivalents chromatiques et de leur représentation suffit pour établir les notations quantitatives et en tirer les plus grands avantages dans l'étude pratique des couleurs.

17. Représentation des équivalents chromatiques. — Les équivalents des couleurs primitives et de leurs dérivées immédiates seront représentés par le symbole unilittéral de ces couleurs ; ainsi R, J, B, O, VE, $\dot{V}$, *isolés*, représenteront le rouge, le jaune, le bleu, l'orangé, le vert et le violet, à la fois en leur nuance spécifique et dans la quantité relative qui constitue leur équivalent chromatique.

Nous pouvons déjà le remarquer, ces formules se prêtent à l'analyse ; il suffit de traduire la loi de leur dérivation (14) pour mettre en évidence leur composition qualitative et quantitative :

$$O = \frac{R}{2} + \frac{J}{2}\,; \qquad VE = \frac{J}{2} + \frac{B}{2}\,; \qquad \dot{V} = \frac{R}{2} + \frac{B}{2}.$$

Nous voyons en effet par ces égalités que l'équivalent de ces couleurs secondaires se compose de deux moitiés des équivalents des couleurs parentes.

18. Détermination et notation des dérivées de second ordre. — Pour définir et représenter les autres nuances dérivées et les tons de toutes les nuances, nous considérons tout équivalent chromatique comme divisible en six parties — nous dirons plus bas (70-71) pourquoi choisir ce diviseur de préférence à un autre. —

Chaque sixième constituera un degré de gamme soit pour les nuances soit pour les tons (7-9).

Le nombre de sixièmes de couleur proprement dite ou de noir que contient une teinte donnée, nous l'indiquerons dans sa formule, par un *indice numérique* en bas et à droite du symbole unilittéral représentant l'équivalent entier, ainsi

$$R_2 = \frac{2R}{6}; \qquad O_3 = \frac{3O}{6} \text{ et } R \text{ équivaut à } R_6.$$

Nous pouvons, à l'aide de cette convention, figurer facilement les couleurs dérivées de second ordre, savoir : le rouge-orangé, le jaune-orangé, le jaune-vert, le bleu-vert, le bleu-violet et le rouge-violet. Nous les *définissons* (comme les couleurs dérivées immédiates) par leur équidistance à leurs composantes ; dès lors leur équivalent est lui aussi, formé des deux moitiés des équivalents de ces composantes ; nous les *représenterons* par la juxtaposition des symboles des couleurs qui s'associent en ces dérivées, symboles que nous affecterons de l'indice 3 puisqu'il s'agit de demi-équivalents ou 3/6. Nous aurons ainsi pour les six couleurs dérivées de second ordre les formules bilittérales suivantes :

$$R_3O_3, \quad J_3O_3, \quad J_3\mathrm{V\!\!E}_3, \quad B_3\mathrm{V\!\!E}_3, \quad B_3\dot{V}_3, \quad R_3\dot{V}_3.$$

Ces formules se prêtent très facilement à l'analyse soit qualitative soit quantitative. Soit par exemple R_3O_3 un équivalent de rouge-orangé, nous aurons :

$$R_3O_3 = \frac{RO}{2} = \frac{R}{2} + \frac{O}{2} = \frac{R}{2} + \left(\frac{\frac{R}{2} + \frac{J}{2}}{2}\right) = \frac{3R}{4} + \frac{J}{4};$$

de même :

$$J_3O_3 = \frac{J}{2} + \frac{O}{2} = \frac{J}{2} + \left(\frac{\frac{R}{2} + \frac{J}{2}}{2}\right) = \frac{3J}{4} + \frac{R}{4}.$$

On voit qu'en dernière analyse l'équivalent des dérivées de second ordre est formé de deux couleurs primitives dont l'une y entre pour les trois quarts, l'autre pour un quart.

19. Détermination et notation des nuances inférieures. — Par une conséquence naturelle de tout ce qui précède, les nuances inférieures, intermédiaires entre les dérivées de second ordre et les couleurs primitives ou leurs dérivées immédiates, se trouvent avoir leur définition et leur représentation ; ces intermédiaires, par exemple entre R et R_3O_3 entre R_3O_3 et O, sont *représentées* qualitativement et quantitativement à l'aide des mêmes symboles affectés d'indices intermédiaires entre R_3O_3 et R, entre R_3O_3 et O ; nous avons ainsi

$$R,\ R_5O_1,\ R_4O_2,\ R_3O_3,\ R_2O_4,\ R_1O_5,\ O,$$

une gamme franche du rouge-orangé ;

nous aurons de même

$$O,\ J_1O_5,\ J_2O_4,\ J_3O_3,\ J_4O_2,\ J_5O_1,\ J,$$

une gamme franche du jaune-orangé ; etc., etc.

Ces différentes nuances sont, comme les dérivées d'ordre supérieur, *définies* par l'équidistance où elles se tiennent relativement à leurs voisines : chacun des degrés de ces deux gammes diffère du précédent par la substitution d'un sixième de l'équivalent de la couleur vers laquelle marche le degré, aux dépens d'un sixième d'équivalent de la couleur dont il s'éloigne : R_4O_2 diffère de R_5O_1 qui le précède par la substitution de $\frac{O}{6}$ à $\frac{R}{6}$.

20. Notation des tons rabattus. — Nous avons dit plus haut (18) que nous considérons tout équivalent de couleur comme divisible en six parties, et que le nombre de ces parties que peut contenir une teinte quelconque est indiqué par l'indice numérique dont est affecté le symbole de la couleur en question. Appliquons cette règle au noir N ; nous représenterons par N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N, autant de degrés croissants de noir, et, en juxtaposant ces symboles au symbole d'une couleur proprement dite, nous aurons une série de ses tons rabattus ou une de ses gammes rabattues

$$R,\ R_5N_1,\ R_4N_2,\ R_3N_3,\ R_2N_4,\ R_1N_5,\ N.$$

Un ton peut être rabattu de deux manières, soit par l'adjonction du noir, soit par l'extinction plus ou moins grande des rayons spécifiques de cette couleur. Cette extinction est elle-même le résultat ou d'un excès d'épaisseur dans la couleur (56) ou de la rencontre de couleurs complémentaires (40). Nous pouvons distinguer par une variété d'expression ces deux espèces de rabat. $B_2\dot{V}_2N_2$ nous donne un bleu-violet rabattu par la présence d'un tiers de noir ; $B_4\dot{V}_4$ représente la même nuance spécifique, semblablement rabattue, mais cette fois par un excès de couleur. En effet il suffit des six sixièmes de couleur qui constituent l'équivalent pour donner le maximum chromatique sur l'unité de surface (16), or nous avons huit sixièmes de couleur en $B_4\dot{V}_4$, il y a donc un excès d'épaisseur qui se traduit en rabat avec plus ou moins d'intensité suivant la nature des couleurs et des nuances. $R_2O_4N_2$ est une teinte doublement rabattue, et par la présence du noir, et par l'épaisseur de la couleur, etc.

Cette ressource pour exprimer les tons rabattus dont le moelleux et la profondeur semblent exclure la présence du noir, manquait à M. Chevreul lorsqu'il interpréta les noms des couleurs les plus usités ; il fut en certains cas réduit à l'addition de la note en apparence contradictoire de *sans rabat* à des tons qu'il donnait d'ailleurs comme rabattus (1).

Notons-le cependant, pour un même excès de couleur le rabat varie avec la nature de la couleur ou mieux encore de la nuance. On peut admettre qu'un excès d'un sixième de bleu ou de violet vaut environ 1/2 sixième ou 3/36 de rabat par le noir ; qu'un sixième en excès de rouge ou de vert vaut seulement 1/3 de sixième ou 2/36 de rabat par le noir, et qu'un excès d'un sixième de jaune ou d'orangé correspond au plus à 1/6 de sixième, c'est-à-dire à 1/36 de rabat par le noir.

21. Notation du blanc et des tons lavés et grisés. — Le *blanc* peut être mécaniquement mélangé à une couleur ou optiquement produit par la dilution de cette couleur sur un fond blanc. Quoi qu'il en soit de son origine, le blanc, dont nous concevons l'équivalent divisible également en sixièmes, pourra toujours se représenter et s'évaluer sans symbole particulier, et uniquement par un certain déficit que présentera la formule de la teinte en question. En effet toute

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences*, tome XXXIII, Index alphabétique des noms des couleurs les plus employés, etc.; *passim*, voir par exemple la *Cornaline*, p. 131.

formule chromatique est toujours supposée représenter un équivalent entier ; si donc la somme des sixièmes d'équivalent indiqués par la formule est inférieure à six, on en concluera que le blanc occupe la place des sixièmes non explicitement indiqués. Ainsi la formule R_3 prise isolément, indique explicitement trois sixièmes de rouge et implicitement trois sixièmes de blanc ; N_2 est un *gris* léger contenant quatre sixièmes de blanc pour deux sixièmes de noir ; R_4N_2 est une teinte rabattue, mais R_2N_2 est une teinte grisée, car la formule contient du noir et suppose la présence de deux sixièmes de blanc ; $R_2O_2N_1$ est une teinte grisée de rouge-orangé, car elle renferme un sixième de noir et un sixième de blanc.

Ici une *objection* se présente : Le gris, de même que le blanc, ne peut être indiqué par une formule qu'à la condition que cette formule contienne moins de six sixièmes d'équivalent ; d'autre part le rabat produit par l'épaisseur de la couleur exige au contraire, pour être représenté dans une formule, qu'elle renferme plus de six sixièmes d'équivalent. Comment pourra-t-on formuler un gris-foncé, alors que le rabat sera l'effet de l'épaisseur de la couleur ? On le formulera comme si le rabat était dû à l'adjonction du noir, et cela sans inconvénient, car il suffit que le noir soit allié au blanc (dans le gris) pour que la différence des deux variétés de rabat s'efface ; dès lors on pourra toujours dans l'expression d'une nuance grisée et foncée représenter le rabat par la présence du noir. $B_2\dot{V}_2N_1$ figure le même bleu violet-grisé quelle que soit l'origine du rabat.

22. Distinction ultérieure des nuances et des tons. — On peut avoir à figurer d'une façon distincte des tons et des nuances plus rapprochés, des tons et des nuances dont la différence soit plus petite qu'un sixième d'équivalent. Le cas peut se rencontrer, surtout dans la pratique de la teinturerie et de la tapisserie, ou encore dans l'appréciation des variations de couleurs offertes par la nature. Pour répondre à ce besoin, on considérera le sixième d'équivalent comme fractionné lui-même en six parties. Ces sixièmes de sixième ou trente-sixièmes d'équivalent seront représentés par les voyelles a, e, i, o, u, valant respectivement 1, 2, 3, 4, 5 sixièmes de sixième. La voyelle sera ajoutée à l'indice numérique ou en tiendra lieu. Ainsi :

$$R_a = R_{1/6} = \frac{R}{36}\,; \quad R_i = R_{3/6} = \frac{3R}{36}\,; \quad R_{4u} = R_{4\,5/6} = \frac{4R}{6} + \frac{5R}{36} = \frac{29R}{36}\,.$$

Par ce moyen nous pouvons intercaler cinq nuances intermédiaires entre R et R_5O_1

$$R,\ R_{5u}O_a,\ R_{5o}O_e,\ R_{5i}O_i,\ R_{5e}O_o,\ R_{5a}O_u,\ R_5O_1.$$

De même entre R_5O_1 et R_4O_2

$$R_5O_1,\ R_{4u}O_{1a},\ R_{4o}O_{1e},\ R_{4i}O_{1i},\ R_{4e}O_{1o},\ R_{4a}O_{1u},\ R_4O_2.$$

Cinq tons intermédiaires entre VE_2 et VE_3

$$VE_2,\ VE_{2a},\ VE_{2e},\ VE_{2i},\ VE_{2o},\ VE_{2u},\ VE_3.$$

De même entre J_2O_4 et J_3O_3

$$J_2O_4,\ J_{2a}O_{3u},\ J_{2e}O_{3o},\ J_{2i}O_{3i},\ J_{2o}O_{3e},\ J_{2u}O_{3a},\ J_3O_3.$$

Ces dernières notations permettent de satisfaire à toutes les exigences de la pratique et au delà. Elles nous permettent de formuler 212 nuances franches (la nomenclature de M. Chevreul n'en précise que 72) et plus de 15000 teintes différentes.

23. Nos notations chromatiques comparées à la nomenclature de M. Chevreul. — Le lecteur peut déjà se rendre compte des ressources offertes par notre système de notations. Pour rendre cette constatation plus facile, j'ai extrait de l'œuvre de M. Chevreul et reproduit ici le tableau des différentes teintes du visage d'un jeune homme et de deux enfants. En regard de l'interprétation que donne l'illustre savant d'après sa nomenclature, je place celle que permettent nos notations. Qu'on fasse la comparaison sous le rapport de la simplicité et de la brièveté, de la précision et en même temps de la clarté, je me trompe fort, si l'on ne constate une grande différence entre les deux nomenclatures.

ETUDE CHROMATIQUE DU VISAGE DE L'HOMME (RACE BLANCHE)

				Notations Chevreul	Notations nouvelles
Homme de 21 ans	Cheveux			1 orangé, $\frac{8}{10}$, 13 ton	$J_a O_u N_5$
	Yeux	Iris	Cercle	bleu-violet, $\frac{8}{10}$, 12 ton	$B_i V_i N_5$
			Partie annulaire	bleu-violet, $\frac{8}{10}$, 8 ton	$B_i V_i N_{3i}$
				avec orangé, $\frac{2}{10}$, 15 ton	$O_{2e} N_{3o}$
				et orangé-jaune, $\frac{7}{10}$, 9 ton	$J_u O_u N_{4e}$
		Sclérotique		2 bleu, 2 ton	$B_1 V_a$
	Lèvres			4 violet-rouge, $\frac{2}{10}$, 7 ton	$R_{2u} V_o N_u$
	Joues			4 rouge, $\frac{3}{10}$, 4-5 ton	$R_{1a} O_i N_o$ / $R_{1i} O_o N_u$
	Front			rouge-orangé à peine rabattu, 1,5 ton	$R_1 O_i N_a$
Jeune fille de 8 ans blonde	Cheveux			3 orangé, $\frac{8}{10}$, 7-8 ton	$J_a O_i N_{3e}$ / $J_a O_o N_{3o}$
	Yeux	Iris	Cercle	4 bleu, $\frac{8}{10}$, 12 ton	$B_o V_e N_5$
			Partie annulaire	vert-bleu, $\frac{8}{10}$, 5-6 ton	$B_a VE_a N_{2e}$ / $B_e VE_e N_{2i}$
				avec macules, 2 orangé, $\frac{1}{10}$, 6-10 ton	$J_i O_{2o} N_e$ / $J_u O_{4i} N_o$
		Sclérotique		4 bleu, 2-3 ton	$B_u V_e$ / $B_{1a} V_i$
	Lèvres			rouge, $\frac{1}{10}$, 5 ton	$R_{2a} N_e$
	Joues			5 violet-rouge, 2,5 ton	$R_{1e} V_a$
	Front			3 violet-rouge, 2 ton	$R_1 V_e$
Jeune fille de 10 ans brune	Cheveux			1 orangé, $\frac{8}{10}$, 13 ton	$J_a O_u N_5$
	Yeux	Iris	Cercle	orangé, $\frac{8}{10}$, 13 ton	$O_u N_{5a}$
			Partie ann.	3 orangé, $\frac{7}{10}$, 7-10 ton	$J_e O_u N_3$ / $J_i O_{1e} N_{4a}$
		Sclérotique		2-3 ton	N_{1a} — N_{1u}
	Lèvres			4 violet-rouge, $\frac{1}{10}$, 5,75 ton	$R_{2i} V_i N_e$
	Joues			2 rouge, 2,5 ton	$R_{1a} O_a$
	Front			2 rouge-orangé, $\frac{1}{10}$, 1 ton	$R_a O_e$

(*Mémoires de l'Acad. des Sc.*, Tome XXXIII, p. 843-844.)

LIVRE SECOND

THÉORÈMES FONDAMENTAUX

AVANT-PROPOS

Les propositions renfermées dans ce second livre, les unes déjà connues, les autres formulées pour la première fois, peuvent être généralement considérées comme des lois expérimentales. Nous leur donnons le nom de théorèmes en raison de la démonstration rationnelle dont nous les accompagnons et de l'enchaînement logique par lequel nous les déduisons les unes des autres au lieu de les présenter comme des lois isolées ainsi qu'on l'a fait jusqu'à présent.

THÉORÈME I

DU CERCLE CHROMATIQUE

Toutes les couleurs forment une série graduée continue et circulaire ; elles sont uniformément espacées sur la circonférence d'un cercle.

24. Démonstration de la 1re partie. — *Toutes les couleurs forment une série graduée.*

En effet chacune d'elles est spécifiée par des données numériques particulières de longueur d'ondulation, etc. ; chacune d'elles a donc sa place déterminée *mathématiquement* relativement aux autres. De plus, *physiologiquement*, toutes les fois que la lumière est décomposée nous constatons que les rayons colorés se présentent suivant la même gradation de couleur : rouge, orangé, jaune, vert, bleu et violet.

Certains faits isolés et anormaux, inexpliqués jusqu'ici, dans la décomposition de la lumière par des substances dites semi-métalliques, donnent les couleurs dans un ordre inverse, mais la *succession* reste la même.

25. Démonstration de la 2de partie. — *Cette série de couleurs est continue.*

Il n'y a pas de saut, d'intervalle vide entre une couleur et une autre ; il y a au contraire une telle variété de longueurs d'onde et, par suite, de nuances que, d'une couleur à l'autre, des teintes intermédiaires rendent toujours la transition insensible.

26. Démonstration de la 3me partie. — *Cette série de couleurs est circulaire.*

En effet, soit au point de vue de la dérivation des couleurs, soit à celui de l'impression qu'elles produisent sur nos yeux, les deux termes extrêmes de la série, le rouge d'une part, le violet de l'autre, sont en parenté, en continuité chromatique, tout autant que deux termes consécutifs de la série : on obtient le violet en mélangeant le rouge au bleu, et le rouge est la transition du violet à l'orangé ; le rouge est aussi voisin du violet que peut l'être le bleu du vert ; la série est donc bien circulaire.

Cette continuité *physiologique* du rouge au violet paraît en opposition avec les données *physiques :* le nombre de vibrations particulier à chaque couleur augmentant du rouge au violet, la distance qui sépare le rouge du violet doit être égale à la somme des distances qui séparent successivement chacun des autres termes de la série. C'est très vrai ; mais le fait de la parenté physiologique et technique du rouge et du violet se vérifiant constamment par l'expérience, doit avoir son explication physique. Peut-être en est-il en chromatique de l'extrême rouge et de l'extrême violet, comme il en est en acoustique de deux notes à l'octave l'une de l'autre ? Bien que ces deux notes soient les plus distantes par le nombre de leurs vibrations, elles sont pour l'oreille les deux notes les plus voisines. Peut-être encore se produit-il quelque chose d'analogue à ce que nous constatons en certaines autres expériences d'acoustique où l'on voit les notes les plus aiguës retomber au son fondamental ; c'est ce qui arrive notamment pour les notes de flageolet que peut donner le violon ou le violoncelle ; c'est encore ce qu'on vérifie dans les sons émis par un tuyau à anche rasante dont on diminue successivement la longueur (1). De même en chromatique, le violet dont les vibrations sont les plus rapides retomberait au rouge dont les vibrations sont les plus lentes. Quoi qu'il en soit de l'explication, le fait *physiologique* de la parenté, de la continuité du rouge et du violet est indiscutable, nous allons en avoir de nouvelles preuves.

(1) Cette expérience a été faite et m'a été communiquée par le R. P. de Groote, S. J.

27. Démonstration de la 4me partie. — *Toutes les couleurs sont uniformément espacées sur la circonférence d'un cercle.*

M. Chevreul a placé les trois couleurs primitives **R**, **J**, **B**, aux sommets du triangle équilatéral inscrit ; puis les dérivées immédiates de celles-ci, **O**, **VE**, **V̇**, à égale distance de chacune de leurs composantes, c'est-à-dire que les six couleurs principales **R**, **O**, **J**, **VE**, **B**, **V̇**, occupent les sommets d'un hexagone régulier. Cette disposition méthodique et uniforme n'est point arbitraire, elle exprime *géométriquement* le fait *physiologique* de la parenté des couleurs; elle est voulue par l'étude des couleurs et indiquée par celle des rayons colorés. En effet, aidé de M. Edmond Becquerel, M. Chevreul a comparé ses types chromatiques aux couleurs du spectre solaire, et voici les conclusions auxquelles il est arrivé : Le vert du cercle partage également l'intervalle du jaune au bleu, *le violet semble partager également aussi celui du bleu au rouge; les couleurs rouge, jaune et bleu sont à des intervalles égaux.* (Mémoires de l'Institut. T. XXXIII p. 45.)

J'ai pu vérifier dans une certaine mesure et par une voie différente cette équidistance des couleurs en me reportant à leurs longueurs d'onde respectives. Les divers physiciens, ne s'étant pas placés dans des conditions identiques, ne sont pas entièrement d'accord sur l'expression numérique de ces longueurs d'onde. Les déterminations faites avec le plus grand soin par M. Mascart diffèrent de celles de Babinet et de M. O. N. Rood. Nous nous arrêterons à ces dernières, d'abord parce que l'auteur se place plus strictement au point de vue chromatique, et ensuite parce qu'il a opéré à l'aide d'un réseau de diffraction d'une grande perfection sur un spectre fort étendu. Or voici les longueurs qu'il assigne aux ondes du milieu de l'espace occupé par chacune des six couleurs principales; elles sont évaluées en millionièmes de millimètre, je n'ai conservé que trois chiffres sur les quatre que donne l'auteur (1).

R	O	J	VE	B	V̇
700	597	580	526	470	400

La gradation n'est pas uniforme, mais il s'en faut de peu. En effet la différence entre la longueur des ondes de **R** et de **V̇** est de 700 — 400 = 300, qui, divisés

(1) *Théorie scientifique des couleurs*, par O. N. Rood, p. 15 et 16.

par 5, nombre des intervalles des six couleurs, donne $\frac{300}{5} = 60$ pour la différence uniforme que suppose notre disposition des couleurs sur la circonférence ; avec cette différence uniforme de 60, les longueurs d'ondes deviennent respectivement

R	O	J	VE	B	V
700	640	580	520	460	400

En comparant les deux séries, on voit qu'il n'y a d'écart sensible qu'en deux termes, l'orangé et le bleu, et encore l'écart n'est-il pas considérable. Si l'on considère d'ailleurs ce qu'il y a d'incertitude dans l'appréciation du type de chaque couleur, on conviendra qu'en espaçant uniformément les six couleurs principales comme nous le faisons à la suite de M. Chevreul, nous ne nous écartons d'aucune donnée positive de la science ; je dirai plus, nous nous y conformons dans la mesure où elles sont connues. Quant à la distance du rouge au violet, voir le commencement du présent article (26).

Il résulte de ce qui précède relativement à la différence uniforme des longueurs d'onde des diverses couleurs, une coïncidence assez curieuse : c'est que le même nombre qui indique en degrés la longueur de l'arc qui sépare les milieux de deux couleurs sur la circonférence exprime en même temps la différence de leurs longueurs d'onde en millionièmes de millimètre, ainsi :

120° séparent le rouge, le jaune et le bleu sur la circonférence et 120 millionièmes de millimètre est la différence de leurs longueurs d'onde ; les six couleurs principales sont distantes de 60° et diffèrent les unes des autres de 60 millionièmes de mm. : les 12, 36, 72, 180 nuances équidistantes sur la circonférence sont respectivement à des distances de 30°, 10°, 5°, 2° et diffèrent respectivement les unes des autres en longueurs d'onde de 30, 10, 5, 2 millionièmes de millimètre.

28. Corollaire 1er. — *Toutes les couleurs forment une gamme chromatique.*

En effet leur série correspond exactement à la définition de la gamme (7), et de même que l'on a des gammes de ton, des gammes de nuances, on a aussi la gamme générale des couleurs qui se compose de toutes les nuances équidistantes

sur le cercle. Au point de vue physique cette gamme générale va nécessairement du rouge au violet en passant par le jaune ; mais, au point de vue purement chromatique, cette gamme peut commencer par n'importe quelle couleur puisqu'elle forme une série circulaire continue (1).

29. Corollaire 2d. — *La place occupée par une couleur sur le cercle chromatique indique sa parenté et sa composition.*

Du moment en effet qu'une couleur dérivée est toujours placée à égale distance de chacune des couleurs primitives ou secondaires dont elle dérive (27), son degré de parenté est donné par son degré de proximité, et les proportions des couleurs qui s'associent en elle varient toujours en raison inverse de la distance qui sépare cette couleur dérivée de celles dont elle dérive.

Soit le rouge R, le jaune J, leur dérivée immédiate l'orangé O et les dérivées de second ordre RO et JO, ces couleurs se rangent dans le cercle chromatique comme il suit, à égale distance les unes des autres, R, RO, O, JO, J — RO est trois fois plus loin de J que de R, et il contient trois fois moins de J que de R ce qu'il est facile de vérifier :

$$RO = R + \frac{R}{2} + \frac{J}{2} = \frac{3R}{2} + \frac{J}{2}$$

30. Corollaire 3me. — *La résultante des couleurs formant une partie continue du cercle chromatique est la couleur située au milieu de l'arc occupé par ces couleurs.*

En effet la résultante chromatique de plusieurs couleurs qui se suivent sur la circonférence est la moyenne chromatique de ces mêmes couleurs, or la moyenne chromatique est en même temps la moyenne arithmétique (27) c'est-à-dire occupe le milieu de l'arc, donc il en est de même de la résultante.

(1) La *gamme chromatique* diffère profondément de la *gamme musicale :* celle-ci s'étend dans la durée, celle-là dans l'espace ; l'oreille réclame des intervalles sensibles pour constituer sa gamme, l'œil cherche des nuances de transition pour établir la sienne ; la gamme musicale est une période de sept sons au-dessus et au-dessous de laquelle il y a d'autres périodes semblables, la gamme chromatique est unique; les notes de l'accord parfait à la suite l'une de l'autre donnent une mélodie ; les couleurs qui s'harmonisent pour constituer la lumière blanche ne sauraient être juxtaposées sans contraste; etc.

Soient les couleurs O, JO, J, JVE, VE consécutives sur le cercle. On demande leur résultante? Cette couleur résultante est le jaune parce que le jaune occupe le milieu de l'arc O-VE.

On peut dire d'une manière générale que toute couleur dans le cercle chromatique est la résultante des couleurs qui la précèdent et de celles qui la suivent, pourvu que les unes et les autres soient prises en nombre égal.

Notons-le cependant, à mesure que le nombre des couleurs ainsi prises est plus considérable, la couleur indiquée comme résultante par la place qu'elle occupe, n'est identique à la résultante fournie dans la synthèse expérimentale que par sa nuance, et en diffère par le ton qui est de plus en plus rabattu par la présence et la rencontre de couleurs complémentaires.

On peut voir dans les problèmes (125) une vérification de cette remarque en même temps que du résultat énoncé plus haut comme exemple.

THÉORÈME II

EXISTENCE DES COULEURS COMPLÉMENTAIRES ET LEUR PLACE SUR LE CERCLE CHROMATIQUE

Chaque couleur a sa couleur complémentaire dans la série chromatique et les couleurs complémentaires se trouvent aux extrémités d'un même diamètre.

31. Définition des couleurs complémentaires. — Deux couleurs sont dites *complémentaires* quand l'une complète l'autre, de telle sorte qu'à elles deux elles représentent tout le cercle chromatique et que la résultante de leurs rayons est la lumière blanche.

32. Démonstration de la 1re partie. — *Chaque couleur a sa couleur complémentaire dans la série chromatique.*

En effet toute couleur représente une portion plus ou moins grande du cercle chromatique et suppose une autre portion; la résultante de cette autre portion est la complémentaire de la première. Ainsi une couleur primitive a pour complémentaire la dérivée des deux autres : R et VE, J et V̇, B et O sont des couples de couleurs complémentaires.

33. Démonstration de la 2me partie. — *Les couleurs complémentaires se trouvent toujours aux extrémités d'un même diamètre, dans le cercle chromatique.*

En effet deux couleurs complémentaires se partagent la représentation du cercle chromatique (27, 31) ; or quelle que soit l'inégalité du partage, chacune d'elles occupe le milieu de l'arc occupé par les couleurs dont elle est la résultante (30) ; donc elles sont éloignées l'une de l'autre d'une demi-circonférence.

Soient m et n les deux arcs occupés par les couleurs dont les deux complémentaires c et c' sont les résultantes, et soit Circ. la circonférence.

Nous avons $m + n = \text{Circ.}$; c est en $\frac{m}{2}$, c' en $\frac{n}{2}$; donc c et c' sont à une distance de $\frac{m}{2} + \frac{n}{2} = \frac{\text{Circ.}}{2}$.

Ainsi le rouge a pour complémentaire le vert qui, étant à égale distance du jaune et du bleu, est à l'extrémité du même diamètre que le rouge.

THÉORÈME III

RÉACTIONS MUTUELLES DES COULEURS COMPLÉMENTAIRES

Les couleurs complémentaires s'appellent, s'allument, s'éteignent : elles s'appellent quand elles sont éloignées; elles s'allument quand elles sont juxtaposées; elles s'éteignent quand elles sont mélangées.

34. Démonstration de la 1re partie. — *Les couleurs complémentaires s'appellent quand elles sont éloignées l'une de l'autre.*

Avant de le faire voir comme une déduction rationnelle, disons-le, c'est un fait d'expérience : la présence d'une couleur appelle la présence optique de sa complémentaire, la fait surgir en auréole autour d'elle (pourvu qu'il n'y ait pas trop de lumière). Un cercle rouge apparaît entouré d'une auréole verte, sa couleur complémentaire.

« Mettre en couleur une toile, dit M. Chevreul, ce n'est pas seulement teindre de cette couleur tout ce que touche le pinceau, c'est encore teindre de la complémentaire l'espace environnant. » Il raconte à ce sujet l'histoire suivante :

Des marchands avaient commandé à des brodeurs l'exécution de dessins en noir sur des tissus de couleur unie. Les dessins terminés, les marchands refusè-

rent de les recevoir, disant que les dessins n'étaient pas en noir comme ils l'avaient demandé, mais en brun-verdâtre sur l'étoffe violette, en orangé foncé sur le tissu bleu, etc.

Le cas lui fut soumis. Recouvrant le fond avec du papier blanc de manière à ne laisser voir que le dessin, celui-ci se révéla en vrai noir. S'il paraissait nuancé en l'absence du papier blanc, c'est qu'il était vu sous l'auréole de couleur complémentaire qu'appelait le fond uni du tissu.

Lorsqu'on veut qu'un dessin reste noir, gris ou blanc sur un fond coloré, il faut mêler à la matière du dessin un peu de la couleur du fond, alors l'effet de la complémentaire sera neutralisé. On verra plus loin (**43**) la raison du procédé. Du reste quand le fond uni est d'une couleur très brillante, le reflet diffus de celle-ci éclipse facilement l'apparition de sa complémentaire.

On s'est depuis longtemps demandé la raison de cette apparition, de cet appel de toute couleur pour sa complémentaire. C'est, dit Charles Blanc, que « notre œil étant fait pour la lumière blanche, tend à la compléter quand il n'en possède qu'une partie (1) ».

La lumière blanche (qui renferme toutes les couleurs) est en effet la seule qui réponde pleinement, adéquatement aux aptitudes de notre œil. Si, en vertu d'une impression extérieure, une partie des fibres rétiniennes donne la sensation d'une couleur, les autres fibres voisines, en conséquence d'une conspiration ou corrélation naturelle, entrent plus ou moins en exercice pour compléter cette couleur et font naître l'impression de la couleur complémentaire.

On peut encore l'imaginer, comme le suggérait le P. Scherffer (2) dès 1754, la fatigue rend la rétine de moins en moins apte à percevoir les rayons de la couleur qui l'impressionne et par suite de plus en plus apte à saisir les rayons de la couleur complémentaire. Ces derniers se trouvent dans la lumière blanche ambiante et l'imagination peut en favoriser la sensation (3).

(1) *Grammaire des Arts du Dessin*, p. 617.

(2) Charles Scherffer, jésuite, professeur de mathématiques supérieures à l'Université de Vienne. Mort en 1783.

(3) Les images consécutives ou simultanées (de couleur complémentaire) s'accomplissent dans l'organe même du sens (la rétine) et non dans l'organe de l'imagination (les centres cérébraux); cependant l'impression rétinienne met en activité les centres imaginaires non seulement en y provoquant une image nouvelle, mais en y réveillant de vieilles images qui ont quelque intimité de rapport avec la sensation présente. Et, par une réaction toute naturelle, l'image réveillée de cette façon s'ajoute plus ou moins à la sensation et la complète sans qu'on s'en doute. Article du P. J. de Bonniot dans les *Études*, n° d'août 1889, p. 533.

M. Plateau (1) interprète autrement le phénomène. D'après lui, les points de la rétine qui sont au delà de l'image géométrique qui l'impressionne, se constituent par réaction dans un état opposé ; de même que dans une plaque vibrante, les mouvements sont en sens contraire de part et d'autre d'une ligne de repos ; de là, l'origine de l'apparition de la couleur qui est en opposition avec celle qui impressionne l'œil, c'est-à-dire, l'apparition de la complémentaire.

35. Corollaire 1er. — *L'ombre se colore toujours légèrement de la couleur complémentaire du clair et la fait ressortir.*

La partie claire et la partie ombrée sont comme deux surfaces dont l'une est colorée plus vivement que l'autre; la première devra donc appeler sa complémentaire sur la seconde.

« Vers 1830, Eugène Delacroix ayant à peindre une draperie jaune se désespérait de ne pouvoir lui donner l'éclat qu'il aurait voulu, et il se disait : comment donc s'y prennent Rubens et Véronèse pour obtenir des jaunes si brillants ?... Là dessus, il résolut d'aller au Louvre y voir les tableaux de ces maîtres et il envoya chercher une voiture. Il y avait alors à Paris beaucoup de cabriolets peints en jaune serin : ce fut un de ces cabriolets qu'on lui amena. Au moment d'y monter, Delacroix s'arrêta tout court, observant à sa grande surprise que le jaune de la voiture produisait du violet dans les ombres. Aussitôt il congédia le cocher, et, rentré chez lui tout ému, il appliqua sur le champ la loi qu'il venait de découvrir, à savoir : que l'ombre se colore toujours légèrement de la complémentaire du clair ; phénomène qui devient surtout sensible quand la lumière n'est pas trop vive (2). »

36. Corollaire 2me. — *Deux teintes juxtaposées ne peuvent paraître plates qu'à la condition de ne l'être pas.*

Puisque toute couleur appelle sa complémentaire, deux teintes juxtaposées changeront de nuance dans les zones voisines de la ligne de contact et s'illumineront de la complémentaire de leur voisine, tandis que les parties éloignées ne subiront pas la même modification. Donc, si un tapissier ou un peintre veut produire, présenter deux teintes plates juxtaposées, il lui faut apporter un change-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2de série, tome LVIII, p. 337.
(2) Charles Blanc, *Grammaire des Arts du Dessin*, p. 564.

ment à sa couleur ou à ses laines dans la zone voisine du contact, de manière à neutraliser l'apparition de la complémentaire.

37. Corollaire 3me. — *La complémentaire de la couleur des objets que nous avons fixés tend à se transporter sur les objets que nous regardons ensuite et à en modifier la coloration.*

Les impressions faites sur la rétine, et surtout la fatigue correspondante, ont une certaine persistance et, lorsque nous avons détourné le regard d'une couleur que nous fixions auparavant, nous restons quelque temps sous son impression ; or, pendant que nous regardions cette couleur, il y avait tendance à voir apparaître *simultanément* la complémentaire (**34**) ; donc quand nous aurons détourné le regard, pendant la persistance de l'impression ou de la fatigue, il y aura encore tendance à l'apparence *consécutive* de cette même couleur complémentaire qui modifiera plus ou moins la couleur des objets. Pour M. Plateau le phénomène s'explique ici *dans le temps* comme il a expliqué *dans l'espace* l'apparition simultanée. Pour lui, la rétine une fois soustraite à une impression, réagirait en sens contraire et se mettrait dans un état opposé. Or, l'impression diamétralement opposée à la première est celle de la couleur complémentaire. Donc...

Le P. Scherffer, S. J., imagina une expérience fort originale pour la démonstration des couleurs consécutives ou du contraste successif, comme l'appelle M. Chevreul. Il peignit une Vierge avec les couleurs complémentaires de celles qu'on lui donne habituellement. Il fit le manteau en jaune orangé, le visage et les mains en gris verdâtre, les cheveux en vert d'eau, etc. Il suffisait de regarder cette peinture jusqu'à fatiguer ses yeux pour apercevoir, en les reportant sur un fond blanchâtre, la Vierge avec un manteau bleu-violeté, des cheveux blonds et une vraie carnation (1).

Les applications de ce corollaire se présentent fort souvent.

Lorsqu'un acheteur a regardé longtemps une étoffe jaune et qu'on lui fait voir ensuite une étoffe orangée ou écarlate, il la trouve sans feu, la juge amaranthe, lie de vin ou cramoisie, parce qu'en effet la rétine fatiguée par la vue du jaune tend à voir le violet et en colore les étoffes qu'on lui offre.

(1) Apud Ch. E. Guignet : *Fabrication des couleurs.* Tome X de l'*Encyclopédie chimique.*

De même si l'on fait considérer longtemps à un acheteur une même pièce rouge ou l'une après l'autre plusieurs pièces rouges, il juge la pièce moins belle à la fin qu'au commencement, ou les dernières moins belles que les premières, quoiqu'elles soient identiques. C'est que ses yeux ont une tendance à voir la couleur complémentaire du rouge, c'est-à-dire le vert. Cette tendance doit affaiblir la dernière impression du rouge, lui enlever son éclat. Pour que le marchand ne soit pas victime de la fatigne des yeux de l'acheteur, il faut qu'après lui avoir montré des pièces rouges, il lui présente des étoffes vertes pour ramener les yeux à l'état normal (1).

Contraint, il y a quelques années, de passer chaque jour plusieurs heures dans un réduit obscur dont l'unique ouverture était fermée d'un rideau vert assez épais, au sortir de ce réduit je voyais tout en rouge comme si j'eusse porté des lunettes de cette couleur.

Ce fait de l'apparition de couleurs complémentaires consécutives ou simultanées permet de mettre facilement en évidence la couleur complémentaire d'une teinte donnée. Il suffit de couvrir un disque mi-partie de cette couleur et mi-partie de blanc; en le faisant tourner lentement, de 60 à 120 tours par minute, on verra la partie blanche se colorer légèrement de la complémentaire de la teinte donnée. Quand la rotation est plus rapide, le blanc et la teinte donnée se marient optiquement, et la résultante, au lieu d'être la complémentaire cherchée, est un ton lavé de la teinte donnée (2).

Le même disque permettra de déterminer quelle est la nuance colorée d'un noir donné. (Les noirs ne sont jamais purs, mais souvent il n'y a que des yeux fort exercés qui soient capables de discerner leur nuance.) On couvre avec le noir en question la partie du disque occupée tout à l'heure par la couleur et, sous une rotation modérée, la partie blanche prendra la teinte complémentaire de la couleur mélangée au noir.

38. Démonstration de la 2me partie. — *Les couleurs complémentaires s'allument quand elles sont juxtaposées.*

Du moment que toute couleur appelle sa complémentaire (34), lorsqu'on juxtaposera deux couleurs complémentaires, chacune appellera autour d'elle et

(1) E. Chevreul. *De la loi du contraste*, p. 57.
(2) Apud Ch. E. Guignet. *Fabrication des couleurs.*

par suite sur sa voisine, sa couleur complémentaire; or, cette voisine est précisément cette même teinte; donc chacune de ces deux couleurs renforcera la couleur réelle de la teinte voisine par une addition accidentelle de la même couleur. L'intensité chromatique s'augmentera d'autant et ainsi les deux couleurs s'exalteront, s'aviveront, s'allumeront, il en résultera un puissant contraste.

Ce résultat a été fort souvent instinctivement obtenu. On a vu des marchands d'oranges placer ces fruits sur du papier bleu d'azur; elles y paraissent en effet beaucoup plus riches de couleur.

39. Corollaire. — *L'effet de contraste entre deux couleurs juxtaposées est d'autant plus grand que ces couleurs sont plus distantes sur le cercle chromatique.*

En effet, c'est au maximum d'éloignement, aux extrémités d'un même diamètre (33) qu'étant complémentaires elles ont leur maximum d'intensité respective et, par suite, de contraste; donc plus elles approchent de cette limite, plus l'effet de contraste augmentera.

Un artiste en tapisserie avait à copier un tableau de chasse dans lequel les habits rouge-vif d'un chasseur se détachaient, par un effet de perspective, sur l'eau d'un étang. Après avoir terminé le personnage, l'artiste prit de la laine vert d'eau pour la représentation de l'étang; mais impossible d'employer cette laine; mise en place elle apparaissait vert prairie : c'était l'effet du contraste dû au rouge-vif. Il fallut pour figurer l'eau recourir à de la laine blonde. (Ch. E. Guignet.)

40. Démonstration de la 3me partie. — *Les couleurs complémentaires mélangées s'éteignent; et cela de deux manières : dans la lumière blanche s'il s'agit de rayons colorés, dans le noir s'il est question de pigments ou couleurs palpables.*

En effet, pour ce qui est des *rayons colorés*, du moment qu'ils sont complémentaires, ils doivent reconstituer la lumière blanche en se combinant (31). Or, la lumière blanche à proprement parler n'a aucune couleur, donc les rayons colorés en question s'éteignent *chromatiquement* quand on les réunit.

Nous ne distinguons pas ici les rayons du spectre des rayons émis par des pigments, parce qu'ils s'éteignent les uns comme les autres, dans la lumière blanche. Il y a cependant cette différence que l'extinction chromatique est beaucoup plus difficilement totale avec les rayons pigmentaires qu'avec les rayons du spectre : ces derniers peuvent être pris monochromatiques, et alors il suffit pour

les éteindre d'une seule complémentaire; les rayons pigmentaires au contraire contiennent habituellement des rayons de diverses nuances, dès lors l'extinction complète exige la rencontre de plusieurs complémentaires.

Quant à l'extinction dans le noir des *pigments* complémentaires mélangés ensemble, elle est donnée par M. Chevreul comme un fait d'expérience constante(1). Nous pouvons l'établir rationnellement en démontrant qu'il ne saurait en être autrement.

La coloration des pigments, comme celle de tous les corps de la nature, est due à un phénomène d'absorption : les corps absorbent la couleur complémentaire de celle qu'ils réfléchissent. Si la couleur du bouton d'or est jaune, c'est que cette fleur éclairée par la lumière blanche ne renvoie que les rayons jaunes, et absorbe tous les autres dont la résultante est la complémentaire du jaune (32); si la campanule est bleue, c'est que sa corolle ne réfléchit que les rayons bleus et absorbe la complémentaire du bleu.

Donc, en mélangeant deux couleurs complémentaires, chacune d'elles absorbera la couleur réfléchie par l'autre, puisque cette autre est sa complémentaire. S'absorbant toutes deux, il en restera moins que des deux loups qui se seraient entredévorés; il n'en restera rien. Les deux couleurs s'éteindront dans le noir, comme les rayons colorés s'éteignent chromatiquement dans la lumière blanche.

41. Vérification imparfaite par l'expérience. — Dans la pratique les effets ne sont pas aussi nettement définis : en superposant les impressions des *rayons colorés* complémentaires à l'aide d'un disque tournant, sur lequel on a placé des secteurs de couleurs voulues, on n'obtient pas un blanc pur; en mêlant deux *pigments* complémentaires, on n'a point un noir absolu. Cette divergence provient de ce que les conditions de l'expérience ne réalisent pas pleinement celles qui sont prises comme point de départ de la théorie.

Pour que le disque tournant donnât l'impression d'un blanc pur, il faudrait que ses couleurs n'absorbassent pas de lumière, que ses *rayons colorés* fussent aussi lumineux que ceux de la lumière blanche, ce qui est impossible puisque les rayons

(1) *Comptes rendus hebdom. de l'Académie des Sciences.* Tome X, pp. 121, 122; et *Mémoires de l'Acad. des Sc.* Tome XXXIII, p. 7, note.

colorés ne sont qu'une partie de cette lumière. Dès lors le disque éclairé par la somme de ses rayons colorés sera beaucoup moins lumineux qu'un disque blanc; il sera plus obscur, grisé. La proportion de lumière absorbée par les secteurs colorés, si brillants soient-ils, est d'environ les deux tiers ; donc le gris résultant des rayons non absorbés contiendra deux tiers de noir pour un tiers de blanc, à moins que les couleurs employées ne soient lavées.

D'autre part, le mélange des *pigments* complémentaires donne du gris au lieu de donner du noir; cela tient d'abord à ce que souvent le mélange des couleurs n'étant pas assez intime donne lieu à une fusion optique de rayons et par suite à la production de lumière blanche; ensuite et surtout à ce que les pigments réfléchissent toujours une quantité plus ou moins considérable de lumière blanche.

42. Corollaire 1er. — *Les couleurs complémentaires donnent le moyen d'assombrir une teinte à volonté sans recourir au noir.*

Il suffit d'introduire dans une couleur quelconque sa complémentaire, quelque brillante que soit celle-ci, pour neutraliser et rabattre la couleur donnée. Voici par exemple un vermillon criard qui aurait besoin d'être rabattu ; au lieu de recourir à l'addition du noir, j'y introduirai quelque peu de bleu-verdâtre sa complémentaire, et l'effet désiré sera obtenu de la manière la plus satisfaisante.

« Lorsqu'on veut (en teinture) obtenir des couleurs rabattues ou *brunitures solides,* il y a tout avantage à mêler les couleurs complémentaires avec un excès de la couleur qui doit se faire sentir. Du moment que les matières mélangées appartiennent aux couleurs dites de grand teint, les couleurs ainsi rabattues ont plus de stabilité que celles qui le sont par le procédé généralement suivi qui consiste à ternir les couleurs franches avec une sorte d'encre appelée *rabat* (1). »

J'ai pu remarquer, en examinant attentivement des pommes dites reinettes-grises, que leur teinte grise provenait de l'association du rouge et du vert, deux teintes complémentaires. En serait-il ainsi de tous les gris, de toutes les teintes foncées que nous offrent différentes parties des végétaux? On peut le croire, car nous lisons dans un mémoire de M. Chevreul : « Beaucoup de fleurs dans leur plein épanouissement, les feuilles, surtout en avançant en âge, les poires, les pommes que l'on sert sur nos tables présentent des couleurs rabattues lors même

(1) M. Chevreul. *Comptes rendus hebd. de l'Académie des Sciences,* tom. X, p. 123.

qu'on peut y remarquer de vives couleurs franches. Qu'est-ce que ce noir ? Est-ce du carbone qui se dépose dans les parties vertes exposées au soleil, comme Decandolle paraît le croire après Gennebier ? Non assurément. J'ai constaté depuis longtemps que le brun des corolles et des feuilles provient du mélange de couleurs franches mais complémentaires. Ainsi dans la nature végétale comme dans la peinture, la teinture et l'art de la tapisserie, le même effet naît de la même cause... Le noir ou le brun résulte de liquides de couleurs complémentaires, non mélangés en un même lieu du tissu, mais (dans tous les cas que j'ai observés) isolés dans des cellules ou vaisseaux juxtaposés ou superposés, de manière qu'en observant séparément ces cellules ou ces vaisseaux au microscope, on y aperçoit des liquides non mélangés de couleurs parfaitement franches (1). »

43. Corollaire 2me. — *Les couleurs complémentaires permettent de corriger une teinte et même de la faire disparaître.*

Le noir de teinture prend souvent une teinte jaunâtre qui tend à déprécier les objets, par exemple les dentelles. Il suffit d'étaler ces dentelles sur du papier jaune pour en corriger la teinte, car le jaune fait rayonner une auréole violette sur le noir (34) et cette auréole violette neutralise le jaune de la teinture.

Si l'on fait paraître le linge plus blanc en l'azurant, c'est en conséquence du mélange optique qui résulte des particules du bleu avec les dernières traces de la couleur isabelle qu'avait plus ou moins le linge avant la lessive.

On a même réussi à faire paraître incolores des diamants jaunâtres, en les enduisant d'une très légère couche de violet aniline en solution aqueuse. Les rayons jaunes et les rayons violets se fondant optiquement donnaient la sensation de la lumière incolore. M. Chevreul préfère expliquer ces effets de blanchiment par la production d'un gris léger dû, non à l'alliance des rayons, mais à celui des couleurs (2).

44. Corollaire 3me. — *L'emploi des pigments complémentaires permet d'illuminer des surfaces d'ailleurs peu éclairées.*

Voici un rideau jaune dans un coin obscur, je voudrais pouvoir l'illuminer alors qu'il n'est pas à même de l'être par un jour direct ; il me suffira de semer

(1) *Mémoires de l'Institut*, tom. XXXIII, p. 824.
(2) *Comptes rendus hebdom. de l'Académie des Sciences*, tom. X, p. 124.

sur ce rideau de petites fleurs violettes, et à une certaine distance les rayons violets nés de ces petites fleurs se marieront optiquement avec les rayons jaunes émis par le rideau, se fondront en lumière blanche et éclaireront d'autant la teinte de ce rideau.

Un jour — raconte encore Charles Blanc — nous visitions la bibliothèque du palais du Luxembourg, nous fûmes frappés de l'effet merveilleusement riche qu'a obtenu le peintre de la coupole centrale, Eugène Delacroix. Cette coupole était dépourvue de lumière, il avait fallu que l'artiste combattît l'obscurité de la surface concave qu'il avait à peindre et qu'il y créât une lumière artificielle par le jeu des couleurs Parmi les figures dont se compose la décoration, on distingue une figure de femme assise sous les ombrages de l'Elysée, et dont les carnations conservent dans l'ombre la teinte la plus délicate et la plus transparente. Comme nous admirions la fraîcheur de ce ton rose, un peintre qui avait été l'ami de Delacroix et qui l'avait vu travailler à cette coupole, nous dit en souriant : « Vous seriez bien surpris si vous saviez quelles sont les couleurs qui ont produit ces chairs roses dont l'effet vous ravit... Delacroix a eu la hardiesse de sabrer les chairs de cette figure avec des hachures d'un vert décidé. » En effet, les rayons colorés venant de ce vert et de ce rose, deux couleurs complémentaires, se fondent l'un dans l'autre et donnent avec la distance une sensation de lumière blanche d'où résulte la fraîcheur lumineuse du ton des carnations (1).

45. Corollaire 4me. — *Des trois couleurs primitives, il ne peut jamais en entrer que deux dans la composition d'une couleur franche quelconque.*

Une couleur pour être franche ne doit pas être rabattue (8); or si les trois couleurs primitives entrent dans un même mélange, il y a rencontre de couleurs complémentaires, donc apparition de gris ou de noir, donc la nuance n'est plus franche.

Ce corollaire nous fournit le moyen de vérifier la pureté chromatique d'une couleur (65) et de comprendre que le mélange des couleurs connues ne peut en produire de nouvelles, mais seulement diminuer l'intensité des premières et même les éteindre.

(1) *Grammaire des Arts du Dessin*, p. 568.

THÉORÈME IV

DU MÉLANGE DES COULEURS

46. Remarque essentielle. — Plusieurs fois au cours de ce répertoire nous avons distingué le mélange matériel des couleurs de leur mélange optique (43 etc.). Cette distinction est importante.

Ces deux sortes de mélanges ne diffèrent pas en nature, ils diffèrent plutôt en degré selon que l'union de leurs éléments divers peut être plus ou moins intime, d'après la finesse ou la grossièreté de ces éléments. Un mélange de couleur jaune et de couleur bleue, en poussière assez grossière, paraîtra vert à quelque distance, de près il révélera ses deux éléments; on en conclura que la sensation verte produite par le susdit mélange, à quelque distance, est le résultat d'une alliance optique des couleurs. Supposons que cette poussière bleue et jaune soit porphyrisée jusqu'à devenir impalpable : de près comme de loin, on verra une poussière verte, et l'on dira qu'il y a mélange proprement dit. Cependant, à l'aide d'un microscope, on peut alors encore constater la variété des éléments.

Ce qui fait l'importance de cette distinction, c'est que ces deux sortes de mélanges ont des effets opposés. Le mélange matériel du rouge et du vert, du jaune et du violet, du bleu et de l'orangé tend vers le noir, leur mélange optique

tend vers la lumière blanche (40-45); la raison en est que le mélange optique est surtout un mélange de rayons colorés, tandis que dans le mélange matériel les pigments jouent le rôle principal. Cette diversité des effets n'a pas seulement lieu pour les couleurs complémentaires, elle s'applique dans une certaine mesure au mélange de toutes les couleurs. En effet, dans un mélange optique de couleurs quelconques, il y a une *addition* de rayons colorés, et par suite une teinte résultante plus brillante; dans tout mélange matériel, il y a au contraire une *absorption* de rayons colorés et conséquemment une teinte assombrie.

Nous traitons ici principalement du mélange matériel des couleurs, et nous formulons le théorème suivant :

Le résultat d'un mélange chromatique est indépendant de l'état d'association ou de liberté de ses éléments; il dépend des proportions de couleurs primitives et de couleurs auxiliaires qui font partie de ce mélange; quand il n'y entre que deux des couleurs primitives, le mélange donne lieu à la formation d'une dérivée dont la nuance est, dans le cercle chromatique, intermédiaire aux deux couleurs parentes; quand les données contiennent les trois couleurs primitives, le résultat du mélange se traduit par la plus grande extinction possible des couleurs dans le noir.

Établissons successivement chacune des quatre parties de ce théorème.

47. Démonstration de la 1re partie. — *Le résultat d'un mélange est indépendant de l'état d'association ou de liberté de ses éléments.*

En effet, dans tout cet ouvrage, et ici plus que jamais, nous écartons l'hypothèse de réactions chimiques et de combinaisons proprement dites dans l'association des couleurs primitives pour former des dérivées, comme dans le mélange des unes et des autres. Dans un mélange tel que nous le considérons, s'il y a des dérivées

parmi les données, ces dérivées sont dues à l'association de leurs composantes ; association qui ne change rien à la nature des éléments, ne combine que leurs effets chromatiques et leur laisse toute facilité de modifier ces effets au contact d'autres éléments.

Nous verrons dans les problèmes comment déterminer le résultat d'un mélange où entreraient des dérivées chromatiquement indécomposables (125).

48. Démonstration de la 2me partie. — *Le résultat d'un mélange dépend des proportions de couleurs primitives et de couleurs auxiliaires qui entrent dans les données de ce mélange.*

Toutes les teintes possibles et, par suite, toutes celles que l'on peut avoir à mélanger sont ou des couleurs primitives, ou des couleurs auxiliaires, ou des dérivées de ces couleurs (3 et 4) ; or ces dernières, les dérivées, se comportent dans les mélanges comme si leurs éléments étaient en liberté (47) ; donc, le résultat du mélange, quelle que soit la variété de ses données, dépend uniquement des proportions de couleurs primitives et de couleurs auxiliaires qui y entrent.

Donc c'est en vain qu'on chercherait à obtenir, avec des couleurs dérivées, un résultat que ne puissent donner les cinq couleurs rouge, jaune, bleu, blanc et noir.

49. Démonstration de la 3me partie. — *Quand il n'entre dans un mélange que deux des couleurs primitives, le mélange donne lieu à la formation d'une dérivée dont la nuance est, dans le cercle chromatique, intermédiaire aux deux couleurs parentes.*

« Si l'on mêle deux à deux des matières colorées en rouge, en jaune et en bleu, on obtient l'orangé, le vert et le violet (1). » Or, dans le cercle chromatique, l'orangé est intermédiaire au rouge et au jaune, le vert au jaune et au bleu, le violet au bleu et au rouge ; donc notre proposition ne fait que rappeler un fait d'expérience constante.

Nous allons en donner une démonstration ou explication scientifique :

Tout pigment absorbe la couleur complémentaire de celle qu'il réfléchit, c'est-à-dire, la couleur qui lui est diamétralement opposée dans le cercle chromatique. Mais, de fait, il ne reflèchit pas une seule espèce de rayons colorés, il réfléchit en

(1) M. Chevreul. *Comptes rendus hebd. de l'Académie des Sciences*, tome X, p. 121.

même temps, en quantité plus ou moins considérable, les rayons des couleurs voisines ; de même, il n'absorbe pas uniquement la couleur qui lui est diamétralement opposée, il absorbe en même temps plus ou moins les rayons des couleurs voisines, selon leur voisinage plus ou moins grand. Nous pouvons donc dire qu'un pigment quelconque absorbe d'autant plus une couleur que celle-ci en est plus éloignée dans le cercle chromatique, et réfléchit d'autant plus une couleur que celle-ci lui est plus voisine. Donc si deux pigments sont associés dans un mélange intime, ils absorberont les couleurs qui leur sont le plus éloignées à l'un et à l'autre, ils s'absorberont eux-mêmes dans la mesure de leur éloignement et réfléchiront la couleur qui leur est la plus voisine à l'un et à l'autre, c'est-à-dire, leur intermédiaire.

Donc si nous mélangeons du rouge et du bleu, ces deux pigments réfléchiront le violet — la couleur qui leur est le plus voisine à l'un et à l'autre — ; ils absorberont tous les autres rayons colorés : le pigment rouge absorbera les rayons verts et plus ou moins leurs voisins jaunes et bleus ; le pigment bleu absorbera les rayons orangés et plus ou moins leurs voisins rouges et jaunes. On verra de même comment le mélange du rouge et du jaune ou du jaune et du bleu ne peut donner que de l'orangé ou du vert.

Concluons-le, les pigments, pour donner lieu à une dérivée par leur association, doivent avant cette association réfléchir déjà les rayons de cette dérivée. S'il existait des pigments rouge, jaune, bleu, ne réfléchissant que des rayons strictement monochromatiques, on n'obtiendrait jamais de couleurs dérivées.

50. Des dérivées des rayons pigmentaires. — *La formation des dérivées se vérifie pour les rayons pigmentaires dans le mélange optique* (46), *comme pour les pigments intimement mélangés.*

En parlant ainsi nous avons conscience d'aller à l'encontre de l'enseignement actuel. La plupart des physiciens qui s'occupent de ces questions, pour ne pas dire tous à notre connaissance, donnent comme un fait indiscutablement établi que le mélange des rayons pigmentaires bleus et jaunes ne donne jamais de vert. Nous lisons dans un manuel de science chromatique d'ailleurs fort remarquable l'attestation suivante : « Que l'on recoure soit aux disques de Maxwell, soit au procédé d'expérimentation imaginé par Lambert, que l'on emploie les variétés de bleu ou de jaune que l'on voudra, *on n'obtiendra jamais de vert;* la lumière

réfléchie par un pigment bleu mêlée à la lumière réfléchie par un pigment jaune, produit invariablement un blanc peu brillant, du gris neutre (1). »

L'erreur nous paraît manifeste. Veut-on la constater? Soit une feuille de carton pliée en deux et colorée intérieurement, le verso en bleu, le recto en jaune; il suffit d'entrouvrir ce carton à la lumière du jour de manière à ce que le bleu reçoive le reflet du jaune, on verra immédiatement apparaître une teinte verte. Au reste, qu'on veuille jeter les yeux sur la xxe planche de notre atlas et l'on y verra le mariage optique du bleu et du jaune, en toutes proportions, donner toujours une teinte verte.

Comment alors expliquer l'erreur régnante? Le voici : d'abord les physiciens ont souvent employé le bleu d'outremer dans leurs expériences. Or ce bleu réfléchit peu ou point de rayons verts, comment pourrait-il fournir une dérivée de cette couleur? Par contre, ce bleu réfléchit beaucoup de rayons violets : le violet est complémentaire du jaune, donc dans leur fusion optique les rayons violets du bleu d'outremer éteindront chromatiquement plus ou moins des rayons du pigment jaune, nouvelle raison pour que le vert ne puisse se manifester.

Ensuite la résultante verte d'un mariage optique peut passer inaperçue parce qu'elle est toujours fortement lavée. Elle est toujours affaiblie par la lumière blanche provenant de la lumière non décomposée à la surface du pigment, et surtout de la fusion optique des rayons complémentaires réfléchis par les pigments. Prenons en effet le bleu de Prusse et la gomme-gutte, les deux pigments qui fournissent le plus facilement la dérivée verte. Le bleu de Prusse réfléchit des rayons bleus accompagnés de rayons violets et de rayons verts; la gomme-gutte reflète des rayons jaunes accompagnés de rayons orangés et de rayons verts. Lorsque les impressions sont superposées, quel que soit le procédé employé pour cette superposition, les rayons orangés de la gomme-gutte et les rayons bleus du pigment bleu donnent de la lumière blanche ; il en est de même pour les rayons violets du bleu de Prusse à la rencontre des rayons jaunes du pigment jaune; donc les rayons verts, les seuls qui ne soient pas absorbés ou neutralisés, seront plus ou moins noyés dans la lumière blanche provenant de la double fusion optique des complémentaires.

(1) Colour : an elementary manual for students by A. H. Church, professor of chemistry in the royal academy of arts. London 1887.

La résultante optique peut encore échapper aux regards parce qu'elle disparaît sous certaines incidences du rayon visuel. La nuance des pigments varie souvent avec l'obliquité des rayons. A mesure que l'on voit le bleu de Prusse et la gomme-gutte sous un jour plus rasant, le premier pigment vire au violet, le second à l'orangé, dès lors le jaune neutralisé par le violet et le bleu par l'orangé tendent à s'éteindre dans la même mesure.

En tenant compte de ce double fait et choisissant convenablement ses pigments, on pourra toujours constater la formation optique de la dérivée verte.

Répétons-le, la vraie différence entre le mélange optique des rayons pigmentaires et le mélange matériel des pigments, c'est que l'extinction chromatique a lieu dans la lumière blanche pour les rayons pigmentaires et dans le noir ou l'obscurité pour les pigments. De ce contraste en résulte un autre dans la formation des dérivées : c'est que la dérivée d'un mélange optique est toujours plus ou moins lavée, et la dérivée d'un mélange matériel plus ou moins rabattue. La dérivée de rayons pigmentaires est plus particulièrement une somme de rayons, tandis que la dérivée des pigments est une différence, un résidu de rayons.

51. Démonstration de la 4me partie. — *Quand les données contiennent les trois couleurs primitives, le résultat du mélange se traduit par la plus grande extinction possible des couleurs dans le noir.*

En effet toutes les fois que l'on mêle des couleurs primitives, on obtient leur couleur dérivée (49) dont la troisième couleur primitive est nécessairement complémentaire (32); donc la présence simultanée des trois couleurs primitives amène la rencontre de couleurs complémentaires et, par suite, fatalement, une extinction de ces couleurs dans le noir (40); donc le résultat final d'un mélange contenant les trois couleurs est la plus grande extinction possible des couleurs proprement dites dans le noir.

Cette tendance, en *chromatique*, à l'extinction maximum des couleurs, a pour analogue, en *thermochimie*, la tendance à la perte maximum de chaleur.

52. Question curieuse ? — L'ordre dans lequel on mêle les éléments d'un mélange a-t-il de l'influence sur le résultat ?

La réponse négative peut sembler évidente. Elle cessera de le paraître si l'on a présent à l'esprit le principe de l'équivalence des couleurs et ses conséquences

dans la rencontre des trois couleurs primitives. M. Chevreul résume ainsi ces dernières :

« Lorsqu'on mêle le rouge, le jaune et le bleu en des proportions différentes de celles où la neutralisation est possible, le résultat du mélange est du noir plus la couleur simple ou binaire dominante (1). »

Or cette couleur dominante semble devoir varier avec l'ordre que l'on suivra dans l'association des couleurs. Soient en effet les trois couleurs primitives R, J, B en quantités équivalentes. Mélangeons d'abord R et J, puis ajoutons B. En mêlant R et J nous formons 2O, $R + J = 2O$; en ajoutant B, nous donnons lieu à la rencontre de B et d'O qui s'éteignent mutuellement selon leur équivalence : $B + O = 2N$. Nous avons donc en résumé les réactions chromatiques suivantes :

$$(R + J) + B = 2O + B = 2N + O,$$ *c'est l'orangé qui domine.*

En opérant de même le mélange successif de J, de B et ensuite de R nous avons :

$$(J + B) + R = 2V + R = 2N + V,$$ *c'est le vert qui domine ;*

si nous mêlons enfin B et R puis J, alors

$$(B + R) + J = 2\dot{V} + J = 2N + \dot{V},$$ *c'est le violet qui domine.*

Ainsi, selon l'ordre adopté, nous aurons un orangé rabattu, ou un vert rabattu, ou un violet rabattu comme résultat du mélange. Il semble donc que le résultat dépendra de l'ordre que l'on suit dans l'association des couleurs.

Mais cette influence est purement apparente. Nos notations chromatiques ne font que mettre en évidence ce qu'il y a d'indétermination dans la conception abstraite du résultat ; mais cette indétermination est purement théorique. Dans la pratique, dans le fait concret, elle ne saurait exister ; les réactions chromatiques, que nous avons représentées comme exclusives les unes des autres, auront lieu conjointement et tendront à une extinction complète.

(1) *Comptes rendus hebdom. de l'Académie des Sciences,* tome X, p. 123.

Pour le faire voir, représentons cette triple réaction simultanée en fractionnant par tiers chacun des équivalents.

$$\left.\begin{array}{l}(R_2 + J_2) + B_2 = O_2 + N_4 \\ (J_2 + B_2) + R_2 = VE_2 + N_4 \\ (B_2 + R_2) + J_2 = \dot{V}_2 + N_4\end{array}\right\}$$

c'est-à-dire, en faisant la somme :

$$R + J + B = O_2 + VE_2 + \dot{V}_2 + 2N \quad [1].$$

On voit qu'il reste un tiers de couleur pour deux tiers de noir. Mais ce reste de couleur $O_2 + VE_2 + \dot{V}_2$ exprimé en fonction de ses primitives devient $R_2 + J_2 + B_2$. Nous pouvons donc opérer sur ce reste de couleur comme sur les couleurs données et nous aurons comme résultat :

$$O_2 + VE_2 + \dot{V}_2 = R_2 + J_2 + B_2 = O_0 + VE_0 + \dot{V}_0 + N_4,$$

valeur qui, substituée dans la somme précédente [1], donnera

$$R + J + B = O_0 + VE_0 + \dot{V}_0 + 2N + N_4.$$

Il ne reste plus qu'un neuvième de couleur pour huit neuvièmes de noir et le neuvième restant contient encore les trois couleurs primitives. On peut donc continuer encore le calcul et obtenir des restes successifs de couleur de plus en plus petits : 1/27, 1/81, 1/243 etc., etc., c'est-à-dire que le reste tend vers zéro, que la couleur tend à s'éteindre complètement quel que soit l'ordre dans lequel on mélange R, J, B.

On trouvera dans les problèmes (127) une solution plus complète et tout à fait générale de la question. En attendant, notons-le, cette indépendance où se trouve le résultat d'un mélange relativement à l'ordre dans lequel il s'effectue, vérifie, en *chromatique*, le théorème général d'après lequel, en *mécanique,* la résultante d'un nombre quelconque de forces données ne dépend pas de l'ordre dans lequel on les compose, et, en *thermodynamique*, la quantité de chaleur emmagasinée ou dégagée dans une série de réactions est indépendante de l'ordre de ces réactions.

LIVRE TROISIÈME

TABLEAUX TYPIQUES

54. Causes extrinsèques de divergence. — Elles se rapportent à l'éclairement, au plus ou moins d'opacité ou de transparence des couleurs, à l'état et à la nature du substratum, au mode d'application, et enfin au voisinage d'objets colorés. Nous allons examiner successivement chacune de ces causes pour en montrer l'influence, rappeler les précautions à prendre en face d'elles, et conclure à la nécessité de types chromatiques, c'est-à-dire, d'une représentation typique des couleurs, pour pouvoir apprécier sûrement celles que nous offre la nature ou qu'emploient l'art et l'industrie.

55. Influence de l'éclairement. — Cette influence variera avec la *nature* de l'éclairement, sa *puissance* et la *direction* de ses rayons.

Par là même que la couleur d'un corps résulte des rayons colorés qu'il transmet ou réfléchit, la *nature* particulière de la lumière qui l'éclaire aura une influence capitale sur sa coloration (1). Il est évident d'abord qu'il ne pourra jamais réfléchir les rayons qu'il ne reçoit pas, manifester une couleur qui fait défaut dans les rayons qui l'éclairent. En mêlant à l'alcool de l'eau saturée de sel, on en obtient une flamme monochromatique qui n'émet que des rayons jaunes ; jamais une telle lumière ne pourra nous faire voir d'autre couleur que le jaune ; elle anéantira ou altérera profondément les autres couleurs. C'est là un cas extrême, mais, proportion gardée, toute modification dans la lumière en amène une dans la manifestation des couleurs. Un bleuet des champs vu le soir à la lumière d'une bougie, paraît presque blanc. Pourquoi? Parce que la lumière de la bougie contient beaucoup moins de rayons bleus que la lumière du soleil. Cette faiblesse des rayons bleus et même violets est plus sensible encore dans la lumière du gaz qui est d'un jaune tirant sur l'orangé. Au contraire, l'arc voltaïque (2) ou la combustion du magnésium produisent une lumière riche en rayons violets et bleus ; de là l'adoption de l'éclairage à l'électricité dans les ateliers de teinture.

Un jour obscur, *une lumière trop faible* rabat toutes les couleurs, cela se conçoit, mais de plus elle verdit le jaune en l'assombrissant, elle brunit l'orangé, elle rend le bleu violacé; d'autre part *une lumière trop vive*, en même temps qu'elle tend à éclaircir les teintes, fait avancer le jaune vers le blanc, le vert du côté du

(1) Cf. N. O. Rood : *Théorie scientifique des couleurs.* Chap. VII.

(2) La lumière électrique émise par les lampes à incandescence est franchement jaune, à peu près comme celle du gaz et des bougies. (E. Guignet : *Les Couleurs.*)

jaune et le rouge sur l'orangé. Ainsi les couleurs cessent d'avoir leur nuance vraie quand la lumière est trop faible ou trop vive : un éclairage moyen est une condition requise à la saine appréciation des teintes (83).

La direction même des rayons apporte d'étonnantes modifications aux nuances. Nous en avons une brillante démonstration dans les couleurs chatoyantes ; et, qui ne l'a remarqué? à mesure qu'on les regarde sous un jour plus frisant, la teinte de la gomme-gutte vire à l'orangé, celle du bleu de Prusse au violet. Bien plus, il suffit de regarder une peinture à l'huile, sous ce même jour frisant, pour en voir disparaître toutes les couleurs. Quand vous jetez les yeux sur le cours d'un fleuve ou sur l'étendue de la mer, les parties éloignées vous paraissent argentées, celles qui sont près de vous sont seules à vous montrer une teinte verte ou bleue; la raison en est que les rayons dont la direction se rapproche de celle de la surface réfléchissante donnent lieu à la réflexion spéculaire qui ne saurait manifester la couleur de cette surface (57). Le changement ne sera pas moins saillant si la couleur est éclairée par dessous au lieu d'être éclairée par dessus. Un morceau de verre rouge posé à plat sur du drap noir, nous enverra à l'œil de la lumière incolore tout comme le ferait un fragment de verre blanc. Mais si, soulevant le verre, nous permettons à la lumière de le traverser, nous sommes immédiatement impressionnés de sa couleur rouge. Le plus ou moins de transparence jouera donc un rôle dans la manifestation des couleurs.

56. Influence de l'opacité et de la transparence des couleurs.— *Une substance n'est absolument opaque* qu'autant que son épaisseur étant réduite à son minimum, elle ne laisse passer aucun rayon de lumière; qu'autant que sa couche superficielle suffit à intercepter le passage des rayons lumineux. De telles substances n'existent pas, la structure de toute substance matérielle offre des méats à la lumière.

Les métaux, l'or par exemple, les minéraux en apparence les plus opaques tels que le basalte, réduits en lames très minces, deviennent plus ou moins transparents. Il en sera donc au moins de même des couleurs. Bien plus, il est à remarquer que *le blanc et le noir sont, à vrai dire, les seules couleurs d'une opacité notable;* c'est pour elles une condition d'existence, et elles communiquent cette opacité aux autres couleurs dans la proportion même de leur mélange. Une couleur parfaitement opaque ne saurait se rabattre par elle-même quelle qu'en soit l'épaisseur, ni subir aucune modification en raison du fond qui est au delà quel que soit son peu d'épaisseur;

mais toutes les couleurs étant plus ou moins transparentes, ces deux circonstances exerceront fort souvent leur influence, il faut en tenir compte.

Une substance parfaitement transparente ne réfléchirait ni n'absorberait aucun rayon lumineux, mais les transmettrait intégralement. En réalité, on ne rencontre pas de telles substances ; le verre, le cristal, l'eau, en approchent sensiblement. Une couleur transparente est une couleur qui transmet la plupart des rayons de sa nuance et par suite n'en réfléchit et n'en absorbe que peu. Plus un corps est transparent, plus il paraît noir quand on le voit uniquement par réflexion, c'est l'aspect que nous présentent les vitres d'une fenêtre partout où le rideau n'apparaît pas ; là où se trouve un rideau, le verre éclairé par la réflexion qui a lieu sur ce fond blanc manifeste sa transparence. Un phénomène semblable se produit sur les verres colorés. Pourquoi les vitraux de nos églises sont-ils si brillants vus de l'intérieur et tellement rabattus vus de l'extérieur ? C'est que de l'intérieur on les voit sur le fond éclairé du grand jour, tandis que, de l'extérieur, on n'a guère que la lumière réfléchie, vu l'obscurité relative de l'intérieur de l'église. Soit encore, un verre jaune posé à plat sur du papier blanc : la lumière transmise à travers le verre rencontre le papier, y subit la réflexion et nous revient en rayons jaunes. Les autres rayons qui constituent la lumière blanche ont été absorbés par le verre, et, parce qu'il n'est pas absolument transparent quelques rayons jaunes ont été eux-mêmes absorbés dans le trajet de la double traversée. A mesure que l'épaisseur de ce verre jaune augmentera, les rayons qui viennent du fond seront moins nombreux et par suite la teinte du verre se trouvera de plus en plus rabattue. On modifiera donc le ton de la couleur d'un milieu transparent en augmentant ou diminuant son épaisseur, ce qui augmente ou diminue l'absorption de certains rayons. Une lame de verre (ou une couche d'eau), tant qu'elle est mince, paraît incolore, plus épaisse elle révèle une couleur verdâtre et finit par s'assombrir à mesure que l'épaisseur est plus grande.

Tout ce que nous venons de dire de la transparence du verre, s'applique aux couleurs dont se servent les peintres et les teinturiers à proportion de leur transparence. *L'intensité chromatique dépend de l'épaisseur de la couche colorante et du fond sur lequel elle repose.* Cependant les couleurs étant en général plus opaques que les verres colorés *il faut surtout tenir compte de la réflexion qui s'opère sur la couche surperficielle et sur les couches sousjacentes voisines ;* ce sont, en effet, les rayons réfléchis par ces couches qui contribuent le plus à la couleur des corps et

qui même la constituent exclusivement, quand l'épaisseur de la couleur est assez grande, ou sa transparence assez faible, pour que le fond soit sans influence sur la coloration. Alors l'intensité chromatique variera avec le nombre des couches : d'abord elle augmentera avec ce nombre parce que chacune des couches réfléchira un nouveau contingent de rayons colorés ; puis cette augmentation atteindra sa limite au moment où les rayons de lumière qui atteignent la couche la plus profonde ne peuvent déjà plus émerger à leur retour, absorbés qu'ils sont par les couches qu'il leur faut traverser.

Ajoutons que la transparence d'une substance n'est pas toujours la même pour tous les rayons colorés. Toutes les fois donc que la couleur d'un corps est la résultante de plusieurs rayons colorés, ce qui est le cas le plus habituel, quelques-uns de ces rayons plus vite absorbés cesseront aussi plus tôt d'émerger, et ce ne sera pas seulement le ton ou l'intensité qui variera avec le nombre des couches, mais la nuance spécifique elle-même. Un pain de laque carminée ou de gomme-gutte présentera un ton et même une nuance bien différente du ton et de la nuance qu'ils fournissent au pinceau.

57. Influence de l'état de la surface colorée. — Du moment que les rayons colorés qui frappent nos yeux sont dus habituellement à un phénomène de réflexion, ces phénomènes dépendant essentiellement de l'édifice moléculaire superficiel, de l'état de la surface, il en sera de même de la couleur. Cette relation est assez complexe. En effet, *ce n'est pas la réflexion régulière ou spéculaire qui nous donne la sensation des couleurs;* cette réflexion régulière que produisent les miroirs et les surfaces les plus polies nous renvoie les rayons qu'elle reçoit sans les modifier, sans les absorber, par suite elle nous manifeste non la couleur de la surface réfléchissante, mais celle de la lumière incidente. Cependant, au moins dans certaines positions, on peut voir la couleur du miroir lui-même : cela tient à ce que le poli n'étant jamais d'une perfection absolue, il y a un peu de réflexion diffuse à côté de la réflexion spéculaire. *C'est la réflexion diffuse qui nous révèle la couleur des corps,* et comme cette réflexion diffuse est en raison inverse du poli, on peut en conclure que l'intensité chromatique augmentera elle aussi à mesure que le corps sera moins poli. Cette conclusion n'est que partiellement vraie, car il arrive un moment où le rapport est renversé et où la coloration croît avec le poli. En effet, on ne saurait éviter la réflexion d'une certaine quan-

tité de lumière blanche (la plus mate des couleurs, le noir de fumée réfléchit encore 1/20 de la lumière blanche que réfléchit le papier blanc), cette lumière non décomposée est perdue pour la coloration et, parce que cette quantité de lumière blanche augmente avec la rugosité ou la pulvérulence de la surface, la coloration sera d'autant plus pâle que la surface sera moins polie. Le marbre le plus riche en couleur est gris blanchâtre quand il n'est pas poli, il suffit de le rayer avec une pointe d'acier pour en avoir la preuve. Un fragment de verre, de quelque couleur qu'il soit, une fois pulvérisé prend l'aspect de la craie ; sa nature n'a pas changé, mais les phénomènes de réflexion ont augmenté aux dépens des phénomènes d'absorption et la lumière non décomposée reste nécessairement incolore. Les couleurs en poudre, le pastel, donnent des teintes beaucoup plus pâles que les couleurs employées dans les autres procédés de peinture, en raison de la quantité de lumière blanche qu'ils réfléchissent.

Enfin la coloration des corps ne dépend pas seulement de la réflexion qui a lieu sur la couche la plus superficielle, les rayons réfléchis par celle-ci se fortifient de tous ceux que renvoient les couches sousjacentes ; or le poli de la surface permet à un plus grand nombre de rayons de pénétrer jusqu'aux molécules sousjacentes, nouvelle raison pour que la coloration croisse en intensité avec le poli de la surface.

Nous pouvons actuellement comprendre l'effet produit sur les couleurs par la *présence de l'eau*, de *l'huile*, du *vernis*. La présence de l'eau rend la couleur plus riche chromatiquement, mais plus foncée. Quand on peint en fresque et en aquarelle, il faut nécessairement compter avec cet effet : une fois sèches les couleurs sont beaucoup plus pâles qu'au moment où on les applique. La raison en est que la présence de l'eau diminue la réflexion de la lumière blanche à la surface des molécules colorées et augmente les phénomènes de décomposition et d'absorption.

L'huile et le vernis produisent des effets encore plus puissants. Certaines couleurs, telles que le bleu de Prusse et la laque carminée deviendront si foncées par leur mélange avec l'huile et le vernis qu'elles sembleront noires et qu'il faudra les éclaircir par une addition de blanc. Mais, d'autre part, la peinture à l'huile est incomparable par la richesse de ses teintes, la transparence et la profondeur de ses ombres. Une couche de vernis sur un tableau ou sur un bois poli en fait admirablement ressortir les couleurs et les nuances. C'est qu'ici encore, non seulement l'huile et le vernis diminuent la réflexion diffuse de la lumière blanche mais

augmentent la transparence des couches superficielles et permettent l'accès et par suite la décomposition d'un plus grand nombre de rayons lumineux. L'état de la surface dépendant beaucoup de la nature du corps, la même couleur devra varier souvent avec la nature du substratum, c'est-à-dire, du support de la couleur.

58. Influence de la nature des corps. — Après les verres colorés dont l'éclat chromatique est supérieur à tout autre, c'est sur les fils et tissus de laine et surtout de soie que les couleurs ont leur plus grande richesse. Cela vient de ce que leurs fibres se laissent pénétrer plus complètement par la teinture, de ce qu'elles ont une certaine transparence et possèdent un très grand lustre ou pouvoir réflecteur. Vus au miscroscope les fils de soie teinte apparaissent comme des fils de verre coloré. Le coton est beaucoup moins favorisé, il n'a pas de lustre (1) et fort peu de transparence, de là quelque chose d'opaque et de terne dans sa coloration.

59. Influence du mode d'application des couleurs. — Si, au lieu de plonger un tissu dans la teinture, on se contente de l'imprimer en couleurs le résultat est grandement inférieur, surtout pour la laine et la soie. Quant au coton, bien que la teinture n'ait pas pénétré les fibres ni même l'intérieur du faisceau de fibres qui constitue le fil, il est des cas où cette teinture lui donne un éclat inattendu, par exemple quand il s'agit du rouge d'Andrinople : c'est qu'alors la teinture se combinant avec le mordant forme une sorte de laque ou de vernis (2). Mais quoi qu'on fasse, quels que soient la nature du substratum et le mode d'application, jamais une surface colorée ne sera aussi lumineuse qu'une surface blanche. Le plus qu'on puisse demander à des rayons colorés, c'est qu'ils aient, étant isolés, autant de valeur qu'ils en ont étant combinés avec les autres rayons dans la lumière que réfléchit une surface blanche ; par conséquent les surfaces colorées n'auront jamais qu'une partie du brillant qu'elles auraient si elles étaient blanches.

60. Influence du voisinage d'objets colorés. — Enfin, la couleur d'un objet varie en raison du seul voisinage de telle ou telle autre couleur, qui fait surgir une auréole complémentaire (34) ou envoie un reflet dû au rayonnement diffus.

(1) Cette assertion, très fondée il y a quelque temps, est mise en défaut actuellement par l'habileté des manufacturiers qui savent communiquer le lustre de la soie à des tissus qui n'en contiennent pas un fil, par exemple, au satin de Chine, etc.

(2) Je dois à l'amitié de M. C. Manuel, teinturier à Toulouse, d'avoir pu remarquer et constater le fait.

« Si nous découpons dans une feuille de papier rouge deux carrés de trois à quatre centimètres de côté et que nous posions l'un sur une feuille de papier rouge, l'autre sur une feuille de papier vert, nous verrons que le carré qui se trouve sur le fond vert est beaucoup plus brillant et saturé que celui qui se trouve sur la feuille rouge, et cela au point de nous faire douter que les deux carrés aient réellement la même nuance (1). »

C'est là, nous le savons, un effet de contraste dû à la juxtaposition de deux couleurs complémentaires ; il n'en produit pas moins efficacement illusion sur nos yeux.

D'autres fois ce sera la réflexion diffuse dont le rayonnement interviendra pour égarer notre appréciation. Tout corps se teinte plus ou moins *du reflet* de la couleur des corps qui l'avoisinent. Ce reflet dépendra beaucoup de la nature de ces corps, de l'état de la surface et de la quantité de lumière reçue, et sera généralement en raison inverse de la réflexion spéculaire, cette dernière ne donnant pas lieu à une coloration sensible (57).

61. Conclusion. — Cette longue énumération des causes qui peuvent influencer notre appréciation des couleurs démontre la nécessité de *séries typiques* de couleurs. Une fois ces types entre les mains, la plupart de ces causes d'erreur ou d'illusion sont neutralisées, car, agissant également pour modifier l'impression que font sur nous et les types et les couleurs en question, la comparaison reste facile et sûre. Nous avons dit *la plupart,* c'est qu'en effet, pour se soustraire entièrement aux influences de toutes ces causes, il faudrait que les types et les couleurs à apprécier fussent dans des conditions identiques non seulement quant aux dispositions subjectives de l'observateur, quant à l'éclairement et au voisinage des objets, mais encore relativement à l'état et à la nature du substratum et au mode d'application. Les types devraient donc être en soie et en laine teintes pour les brodeurs et les tapissiers, en couleurs à l'huile, à la détrempe etc. pour les peintres. Il en faudrait qui fussent posées au pinceau, d'autres imprimées, etc., etc. Impossible de satisfaire à la fois et pleinement à toutes ces exigences, mais ce n'est pas une raison pour ne pas réaliser ce qui est faisable.

(1) N. O. Rood : *Théorie scientifique des couleurs*, p. 202.

Depuis longtemps on a travaillé à des séries de couleurs types. On cite les tentatives de Le Blond en 1735, de du Fay en 1737, de Lambert en 1772. Les recherches et les publications de M. Chevreul firent oublier celles de ses prédécesseurs et marquèrent un progrès décisif. La Société Sténochromique a donné depuis une échelle très soignée de couleurs, contenant 42 gammes de 21 tons. Enfin, tout récemment, *la Grammaire de la couleur* reproduit, en 765 planches, les principales nuances obtenues par le mélange des couleurs franches entre elles.

Le présent ouvrage pourra, nous l'espérons, répondre aux besoins d'un très grand nombre, et offrir à tous des ressources qu'on chercherait vainement dans les publications antérieures.

CHAPITRE II

DÉTERMINATION DES TYPES CHROMATIQUES

62. **Conditions essentielles des vrais types.** — *Un type*, avons-nous dit, c'est la représentation matérielle aussi approchée que possible de l'idéal que l'on doit se former d'un objet. Il résulte de cette définition que les types chromatiques doivent satisfaire aux deux conditions suivantes : d'abord ils doivent correspondre à l'idée la plus juste que l'on puisse se former des différentes couleurs, et ensuite réaliser matériellement cette idée avec toute la perfection possible.

A l'aide des trois couleurs fondamentales le rouge, le jaune et le bleu, en y joignant les deux couleurs auxiliaires le blanc et le noir, on peut, en peinture, reproduire toutes les teintes possibles. M. Chevreul a pris ce fait comme point de départ, nous le prendrons aussi ; nous avons donc à déterminer successivement les types de ces couleurs primitives et les types des couleurs qui en dérivent.

§ 1. *Détermination des types des couleurs primitives.*

63. **Importance de cette détermination.** — Les types des couleurs dérivées devant dépendre des types des couleurs primitives, la détermination de ces derniers est d'une importance capitale. Il y a bien des nuances diverses de rouge,

de jaune et de bleu; chacune de ces nuances peut être plus ou moins intense; à quelle nuance (nature spécifique), à quel ton (intensité chromatique) faut-il s'arrêter pour offrir un type enlevant tous les suffrages? Quelle est l'idée qu'il faut s'en faire?

64. Caractères de la nuance et du ton typiques. — En chacune des trois couleurs primitives, *la nuance type doit être absolument exempte de toute trace des deux autres.* Le rouge ne doit avoir aucune trace ni de jaune ni de bleu, donc il ne doit incliner aucunement ni vers l'orangé, ni vers le violet; le jaune doit être également exempt de tout rouge et de tout bleu, le bleu de tout jaune et de tout rouge (1).

Quant *au ton type, il doit être absolument franc,* ni lavé, ni rabattu, ni grisé si peu que ce soit; il doit donner le maximum chromatique de la couleur.

Tout le monde, ce me semble, sera d'accord sur ces caractères. C'est là l'idéal qu'il faut chercher à réaliser.

65. Réalisation pratique de ces types. — On parviendra pratiquement à réaliser l'idéal par la méthode des approximations successives, à peu près comme on arrive à déterminer le rapport de la circonférence au diamètre à l'aide de polygones inscrits et circonscrits. C'est en mettant en présence différents échantillons du rouge qu'on pourra approcher du type rouge; chaque approximation devient un point de repère qui permet d'en obtenir une plus grande qui circonscrit de plus en plus le champ des recherches, et donne un type réalisant de mieux en mieux la nuance idéale. Celle-ci obtenue, on procédera de même pour atteindre le type du ton franc de cette nuance.

Inutile de le faire remarquer, les yeux exercés d'un teinturier, d'un tapissier ou d'un peintre lui permettront d'arriver beaucoup plus vite et beaucoup plus sûrement au résultat que ne pourrait le faire quiconque est moins préparé à ce genre de recherches.

(1) Dans la détermination de ce caractère nous nous plaçons exclusivement au point de vue *physiologique*, car *physiquement* toute couleur primitive doit contenir au moins partiellement les nuances dérivées qu'elle engendre (**49**).

66. Vérifications. — Vu l'importance de la détermination de ces types des couleurs primitives, il y a lieu de chercher à vérifier leur réalisation.

Voici comment on peut procéder relativement à la *franchise du ton.* Le ton franc devant donner le maximum d'intensité chromatique de la couleur sera, sous un voile d'une épaisseur croissante, le dernier de tous les tons de la même couleur à disparaître chromatiquement. Soit, par exemple, une série de tons rouges : si je les compare à mesure que la nuit descend davantage, ou qu'en plein jour je les recouvre successivement de 1, 2, 3, 4.... feuilles de papier translucide, de tous les tons en série, le dernier à me donner l'impression du rouge sera le ton le plus franc.

Par rapport à la *nuance type* nous avons la ressource d'une double vérification.

Les trois nuances types des couleurs primitives doivent suffire avec l'aide des couleurs auxiliaires à produire toutes autres teintes. Si donc parmi celles-ci il s'en trouve dont la filiation est évidente et qu'on ne puisse cependant obtenir de la primitive dont elle devrait dériver, il faut en conclure que la nuance primitive considérée comme type ne l'est pas en réalité. Voici, par exemple, une couleur dérivée, *le rose :* cette couleur est indubitablement un ton lavé du rouge ; impossible de l'obtenir avec du blanc et du rouge écarlate ; j'en conclus que l'écarlate ne saurait être la nuance type du rouge.

Un second procédé de vérification nous est fourni par la connaissance des complémentaires et de leurs réactions mutuelles. La nuance type de chacune des couleurs primitives ne doit pas contenir trace des deux autres, donc son mélange successif avec chacune d'elles doit donner une couleur dérivée franche. Si donc le mélange ne peut avoir lieu sans se révéler rabattu, c'est que des couleurs complémentaires s'y rencontrent, c'est que les trois couleurs primitives sont en présence et qu'au moins une d'elles n'est pas absolument exempte d'une des autres. Ce procédé de vérification sera particulièrement précieux à l'égard du bleu. En effet, la grande luminosité du jaune permet plus facilement à l'œil de constater son immunité du rouge et du bleu ; il est encore assez aisé d'apprécier dans le rouge la présence du bleu ou même du jaune ; mais on peut rester perplexe en face du bleu, vu son peu de luminosité relative, et se demander s'il n'est pas quelque peu teinté de violet ou de vert. Pour s'en rendre compte, on mélangera ce bleu avec le type rouge ; si le violet qui en résulte est rabattu, c'est que le bleu contient

du jaune ; le violet reste-t-il franc, on mélange le bleu avec le type jaune et si le vert est assombri, on peut être assuré que ce bleu contient du rouge, il n'est donc pas la nuance type voulue, autrement il aurait donné une résultante franche dans les deux cas.

67. Établissement d'un diapason chromatique. — Cette détermination des types permet d'envisager comme possible l'établissement d'un *diapason chromatique normal*, constitué par des types de couleurs primitives dont le nombre moyen de vibrations sera authentiquement contrôlé. C'est une simple suggestion.

Ce diapason chromatique sera moins conventionnel que le diapason musical. En effet, bien que les différentes tonalités du son soient, comme les différentes nuances de couleur, déterminées par le nombre des vibrations qui leur donnent naissance, la gamme musicale ne tient à aucun nombre déterminé de vibrations, elle ne correspond nécessairement à aucune tonalité particulière et peut commencer à un point quelconque de l'échelle des sons, tandis que la gamme chromatique est essentiellement fixe, vu la place immuable de chacune de ses nuances.

Le diapason normal que l'on a adopté en France pour donner le *la*, fait 870 vibrations à la seconde, mais on eût pu tout aussi bien en adopter un faisant 860 ou 880 vibrations à la seconde.

Il en est tout autrement avec les couleurs : le jaune, par exemple, le vrai jaune type, également exempt des traces de rouge et de bleu, correspond à un nombre fixe de vibrations que les physiciens peuvent déterminer. Ils nous donnent actuellement 700, 580, 460 comme nombre de vibrations correspondant au rouge moyen, au jaune moyen, au bleu moyen (27), mais l'accord n'est pas encore fait sur l'appréciation exacte de ces trois nuances. A mesure que l'on aura pu, dans les arts et l'industrie, arriver à réaliser ces types en des spécimens de moins en moins discutables, les physiciens pourront reprendre leurs expériences et déterminer les longueurs d'onde moyenne correspondant à chacun de ces types (1) de manière à faire disparaître toute divergence. Alors le diapason chromatique normal sera définitivement fixé et sa confection assurée ; on pourra toujours vérifier authentiquement l'exactitude de ses reproductions.

(1) Dans la comparaison de la nuance du type avec la nuance d'un spectre, il sera nécessaire de tenir compte des difficultés signalées par MM. Chevreul et Ed. Becquerel. *Mém. de l'Institut.* T. XXXIII. pp. 78-80.

§ 2. *Détermination des types des couleurs dérivées immédiates et de second ordre.*

68. Caractère typique de ces couleurs dérivées. — L'idée que nous avons de ces couleurs types, la notion que nous en avons donnée est très simple : chacune d'elles est à égale distance de ses deux composantes aussi bien physiologiquement pour notre œil que géométriquement sur le cercle des couleurs. (**14**. **26**. **28**.)

69. Réalisation pratique de ces couleurs dérivées. — C'est encore par la méthode des approximations qu'on parvient à se rendre compte si l'impression que produit sur nous tel orangé, tel vert, tel violet, le place réellement à égale distance des primitives dont il dérive. A mesure que les échantillons se multiplient et prennent leur place du côté d'une des primitives ou de l'autre, la nuance type cherchée se précise de plus en plus. On procède de même avec les dérivées de second ordre. Pour les dérivées d'ordre inférieur nous prendrons une autre voie, la même qui nous servira à déterminer les tons ou différents degrés d'intensité.

On pourra vérifier les types des dérivées immédiates en cherchant expérimentalement, (à l'aide d'un disque tournant ou autrement), la couleur complémentaire de la couleur primitive qui n'entre pas dans la composition de la dérivée donnée ; cette couleur complémentaire et la couleur donnée devront être identiques quant à la nuance. Ainsi le vert, l'orangé et le violet devront s'identifier avec les complémentaires du rouge, du bleu et du jaune (**32**).

§ 3. *Détermination et limite des autres teintes typiques, tons ou nuances.*

70. Inconvénient de pousser trop loin la dérivation. — On s'est plaint de l'incertitude où paraissent laisser quelquefois les séries de nuances et de tons données par M. Chevreul en ses cercles et planches chromatiques. Il y a, en effet, souvent si peu de différence entre deux nuances ou deux tons consécutifs qu'il faut retrancher un ton ou une nuance sur deux pour avoir *une différence sensible au commun des observateurs*.

On comprend très bien que des artistes capables de rivaliser dans leurs tapisseries avec les toiles des grands maîtres pour le dégradé de toutes les nuances, puissent réclamer des gradations typiques dont le pas échappe à tout autre, et que M. Chevreul, directeur aux Gobelins, ait tout fait pour les satisfaire (1). Mais, pour l'usage général dans les arts et l'industrie, des gammes dont le pas sera un peu plus sensible, seront d'un emploi plus fréquent et plus facile.

71. Délimitation des tons typiques. — Dans nos gammes de tons, la variation d'intensité, au lieu d'être d'un dixième comme dans les planches de notre illustre maître, sera d'un sixième (2). Ainsi dans les gammes lavées, la couleur ira diminuant d'un sixième à chaque ton, et dans les gammes rabattues le noir augmentera à chaque ton également d'un sixième, ce qui nous donnera pour la double série des tons lavés et des tons rabattus, treize tons pour chaque nuance de couleur, en comptant le blanc qui sert de point de départ, et le noir qui est la limite finale. En recourant à nos symboles chromatiques, cette double gamme se formulera pour le rouge comme il suit :

$$B_c,\ R_1,\ R_2,\ R_3,\ R_4,\ R_5,\ R,\ R_5N_1,\ R_4N_2,\ R_3N_3,\ R_2N_4,\ R_1N_5,\ N.$$

Nous donnerons en plus, ce qui n'a encore jamais été offert, les types de toutes les teintes grisées ou doublement rabattues qui peuvent résulter de la combinaison successive de chacun des tons lavés avec chacun des tons rabattus ; ces types ont pour le rouge les formules suivantes :

R_1N_1	R_2N_1	R_3N_1	R_4N_1	RN_1	
R_1N_2	R_2N_2	R_3N_2	R_5N_2	RN_2	
R_1N_3	R_2N_3	R_4N_3	R_5N_3	RN_3	
R_1N_4	R_3N_4	R_4N_4	R_5N_4	RN_4	
R_2N_5	R_3N_5	R_4N_5	R_5N_5	RN_5	
R_1N	R_2N	R_3N	R_4N	R_5N	RN.

(1) M. Chevreul dit lui-même : Nos nuances franches (72) sont tellement rapprochées qu'il serait impossible d'en intercaler d'autres sans entrer manifestement dans la confusion. *Mém. de l'Institut.* T. XXXIII, p. 35.

(2) M. Chevreul propose de lui-même une réduction plus grande encore. *Ibid.*, p. 109.

72. Délimitation des nuances typiques. — Dans nos gammes de nuances franches, la variation chromatique, au lieu d'être de 1/72, sera de 1/36 ; la série complète de nos nuances franches pourra donc se formuler ainsi :

R	R_5O_1	R_4O_2	R_3O_3	R_2O_4	R_1O_5	O ;
O	O_5J_1	O_4J_2	O_3J_3	O_2J_4	O_1J_5	J ;
J	$J_5\mathrm{VE}_1$	$J_4\mathrm{VE}_2$	$J_3\mathrm{VE}_3$	$J_2\mathrm{VE}_4$	$J_1\mathrm{VE}_5$	VE ;
VE	VE_5B_1	VE_4B_2	VE_3B_3	VE_2B_4	VE_1B_5	B ;
B	$B_5\dot{V}_1$	$B_4\dot{V}_2$	$B_3\dot{V}_3$	$B_2\dot{V}_4$	$B_1\dot{V}_5$	$\dot{V}$;
$\dot{V}$	$\dot{V}_5R_1$	$\dot{V}_4R_2$	$\dot{V}_3R_3$	$\dot{V}_2R_4$	$\dot{V}_1R_5$	R .

Nous donnerons en plus les types de toutes les teintes qui peuvent résulter de la combinaison successive de chacun des tons d'une couleur avec chacun des tons d'une autre couleur, teintes qui sont ou lavées par déficit de couleur, comme R_2O_3 ou rabattues par excès, telle R_4O_5. Ces types ont pour le rouge et l'orangé les formules suivantes :

R_1O_1	R_1O_2	R_1O_3	R_1O_4	R_1O	
R_2O_1	R_2O_2	R_2O_3	R_2O_5	R_2O	
R_3O_1	R_3O_2	R_3O_4	R_3O_5	R_3O	
R_4O_1	R_4O_3	R_4O_4	R_4O_5	R_4O	
R_5O_2	R_5O_3	R_5O_4	R_5O_5	R_5O	
RO_1	RO_2	RO_3	RO_4	RO_5	RO.

—

CHAPITRE III

MISE EN TABLEAUX DES TYPES CHROMATIQUES

73. **Groupement des teintes.** — Voulant mettre en évidence la parenté et les harmonies qui relient entre elles les différentes teintes, nous devons renoncer à l'agencement adopté par M. Chevreul, soit en secteurs de cercles soit en bandes parallèles. Tenant d'ailleurs à représenter non seulement les gammes lavées ou rabattues, mais de plus les tons résultant de la combinaison de chacun des tons lavés avec chacun des tons rabattus et à faire de même avec les nuances, nous n'avons plus à choisir notre mode de groupement : celui de la table de multiplication s'impose, et nos tables de teintes auront cet avantage sur celle attribuée à Pythagore qu'il n'y aura pas double emploi. Nos gammes étant de sept tons, y compris ceux de départ et d'arrivée, nos facteurs étant de nature distincte, nous aurons sept fois sept ou quarante-neuf teintes différentes en chaque tableau. Reste à savoir si ce groupement est pratiquement réalisable par les procédés ordinaires de la polychromie lithographique ou typographique. Tout éditeur ne reculera-t-il pas devant la difficulté et les frais de l'exécution?

74. **Recours au mélange optique.** — Un artifice souvent employé en des cas analogues mais trouvant ici une application beaucoup plus complète permet de

tourner heureusement la difficulté. Au lieu de chercher nos teintes dans le mélange mécanique préalable de leurs composantes, nous les obtiendrons par le mélange optique du rayonnement respectif de ces mêmes composantes, en les superposant par une impression successive dans les proportions et conditions voulues pour la production des dites teintes. On comprend en effet que ce mariage optique ne saurait se réaliser qu'autant que les couleurs ne se masqueront pas l'une l'autre, qu'elles seront plutôt juxtaposées que superposées, et en touches assez menues pour qu'à une certaine distance les rayons nés de ces deux couleurs composantes se fondent dans une sensation résultante unique.

75. Emploi des lignes au lieu du pointillé. — M. Chevreul recourt à un grain plus ou moins serré pour représenter les différents tons; j'ai cru devoir préférer des lignes, des traits continus, et cela pour plusieurs raisons. D'abord, on peut régler mathématiquement l'épaisseur et l'écartement des lignes, ce qui assure une gradation parfaite ; de plus, avec des lignes on peut beaucoup plus facilement éviter le danger de voir les impressions successives se recouvrir plus ou moins complètement, il suffit de donner aux lignes une direction telle que, dans la superposition, il ne puisse y avoir qu'un croisement ; ce croisement sera sans inconvénient avec des couleurs un peu transparentes comme elles le sont habituellement.

Nous nous sommes arrêté à un tracé uniforme de deux traits par millimètre pour tous les tons et toutes les nuances, faisant reposer la gradation uniquement sur l'épaisseur de ces traits. Dans nos gammes, en dehors des tons de départ et d'arrivée qui sont l'un plein, l'autre vide (en blanc), il reste cinq tons à graduer ; nous avons procédé par douzièmes de millimètre : les traits ont successivement une épaisseur de 1/12, 2/12, 3/12, 4/12, 5/12 de millimètre.

Quand il s'est agi de combiner les traits des deux planches de gravure dont l'impression devait se superposer, nous nous sommes trouvé en face d'une ressource inattendue. Du moment que la gradation de tons était identique sur chaque planche et qu'il s'agissait pour ces tons de se rencontrer dans la superposition, comme les facteurs dans la table de multiplication, en croisant mutuellement leurs traits, la même planche pouvait suffire aux deux impressions ; on n'aurait pour la seconde impression qu'à faire faire à la planche un quart de tour sur elle-même. Dès lors l'exécution de nos tableaux typiques était singulièrement simplifiée.

76. Particularités. — La confection du *frontispice du volume*, quoique reposant sur les mêmes principes et procédés, diffère de celle des autres tableaux. Les lignes noires de la partie rabattue sont successivement de 1/12 et de 3/12 de millimètre d'épaisseur; les traits colorés sont successivement, dans la partie lavée, de 4/12, 2/12, 1/12 de millimètre pour les six couleurs principales; de 3/12, 2/12, 1/12 et au-dessous pour les couleurs intermédiaires.

Quant au trilobe synoptique qui sert de *frontispice à l'atlas* sa facture tient à la fois de celle des tableaux carrés par le choix des lignes, et de celle de la rosace par la superposition partielle des tirages en couleur.

CHAPITRE IV

EXPLICATION DES TABLEAUX CHROMATIQUES ET DE LEURS RESSOURCES

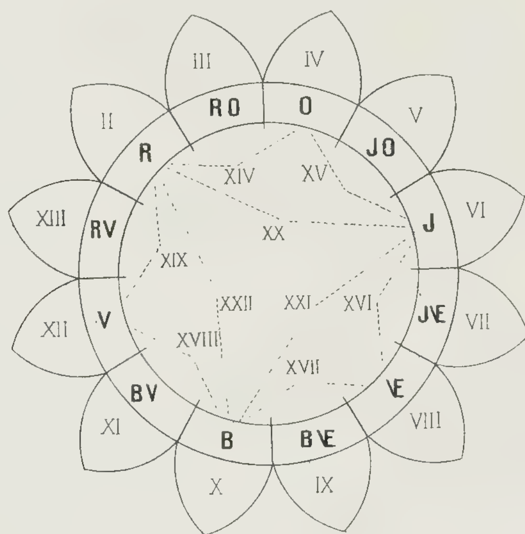
77. Classement de ces tableaux. — Tous les tableaux de notre atlas sont répartis en cinq sections. A partir de la seconde, l'uniformité est complète au sein de chaque section. Il suffira de mettre en évidence la nature et les avantages d'un des tableaux de chacune d'elles pour faire connaître par là même la nature et les avantages de tous les autres de la même section.

Section I. — *Frontispices.*

78. Rose synoptique. — Placée en tête de l'ouvrage, cette planche, dont le diagramme ci-après reproduit la disposition, représente une rose à douze feuilles, montrant les douze couleurs principales rangées selon l'ordre naturel de la succession de leurs nuances. Ces douze couleurs sont les trois couleurs primaires, le rouge **R**, le jaune **J** et le bleu **B** ; les trois couleurs secondaires, l'orangé **O**, le vert **VE**, le violet **V̇** ; les six dérivées immédiates des couleurs primaires et secondaires,

savoir, le rouge-orangé RO, le jaune-orangé JO, le jaune-vert J\E, le bleu-vert B\E, le bleu-violet BV et le rouge-violet RV.

Sur ces douze couleurs, il en est six obtenues par impression directe, ce sont les couleurs primaires et secondaires ; leurs six couleurs dérivées sont le résultat d'une superposition croisée des couleurs composantes dont l'intensité a été préalablement diminuée de moitié pour cette superposition.



Les chiffres romains, inscrits sur le diagramme, désignent les numéros des planches correspondant aux diverses parties de la rose. Ainsi les chiffres II, III, IV, etc. inscrits sur chacune des feuilles donnent le numéro de la planche de la seconde section représentant les gammes lavées, rabattues et grisées de la couleur dont cette feuille porte le symbole ; les nombres romains XIV, XV etc., XX, XXI, etc., placés à l'intersection des lignes pointillées du diagramme indiquent les planches de la troisième ou de la quatrième section dans lesquelles se trouvent les teintes dérivées des deux couleurs reliées par ces lignes.

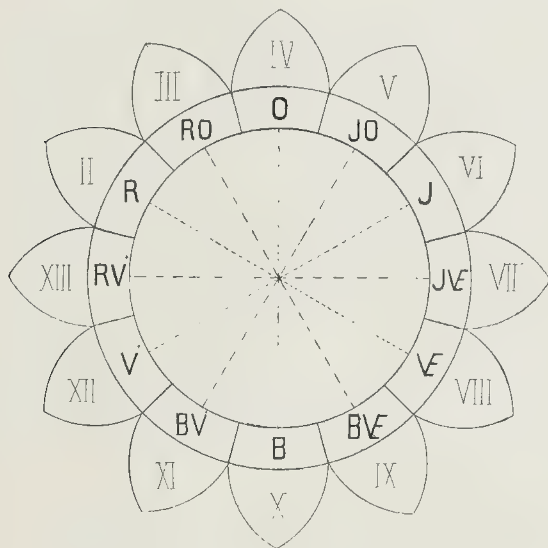
Cette rose du frontispice est bien une *synopsis* de l'atlas. En effet ses douze feuilles avec leurs gradations vers le blanc et vers le noir sont un sommaire des douze tableaux de la seconde section ; les feuilles à formule bilittérale **RO**, **JO**, **JVE**, **BVE**, **BV̇**, **RV̇** en donnant les couleurs dérivées des couleurs primaires et secondaires sont un aperçu des six tableaux de la troisième section ; enfin les feuilles **O**, **VE**, **V̇** représentent les éléments des tableaux de la quatrième section.

79. Manifestation des couleurs complémentaires. — Par là même que dans cette rose l'ordre naturel de la succession des couleurs dans le cercle chromatique a été observé, les couleurs complémentaires s'y correspondent aux extrémités d'un même diamètre (33). Voir le nouveau diagramme ci-dessous.

Le rouge **R** est complémentaire du vert **VE**.

Le rouge-orangé **RO** est complémentaire du bleu-vert **BVE**.

L'orangé **O** est complémentaire du bleu **B**.



Le jaune-orangé **JO** est complémentaire du bleu-violet **BV̇**.

Le jaune **J** est complémentaire du violet **V̇**.

Le jaune-vert **JVE** est complémentaire du rouge-violet **RV̇**.

On remarquera quelque différence entre les complémentaires que nous indiquons ici et celles que donnent plusieurs auteurs récents. Helmholtz par exemple veut que la complémentaire du rouge soit non le vert mais le vert-bleuâtre ; N. O. Rood donne la préférence au bleu-vert (1). L'un et l'autre ont pris pour type de leur rouge une nuance qui n'est qu'un rouge-orangé ; ils s'occupaient avant tout des rayons du spectre, or le spectre solaire, à moins de précautions particulières, ne fournit pas le vrai rouge ; le vrai rouge se rapproche davantage de la couleur pourpre (2).

80. Trilobe synoptique. — Mise à l'ouverture de l'Atlas cette planche représente l'ensemble des réactions chromatiques auxquelles donne lieu le mélange des couleurs primitives, savoir :

La *formation des dérivées* lorsqu'il n'y a que deux couleurs ;

Une *extinction chromatique* plus ou moins grande lorsque les couleurs primitives sont toutes trois en présence (40) ;

La preuve que cette *extinction* chromatique se réalise *dans la lumière blanche*, et non dans le noir, quand le mélange des couleurs est optique au lieu d'être matériel (46). Dans ce trilobe, en effet, ainsi que dans les tableaux suivants, c'est le mélange optique qui domine ; par suite, le rabat est loin d'y être proportionnel à l'extinction des couleurs.

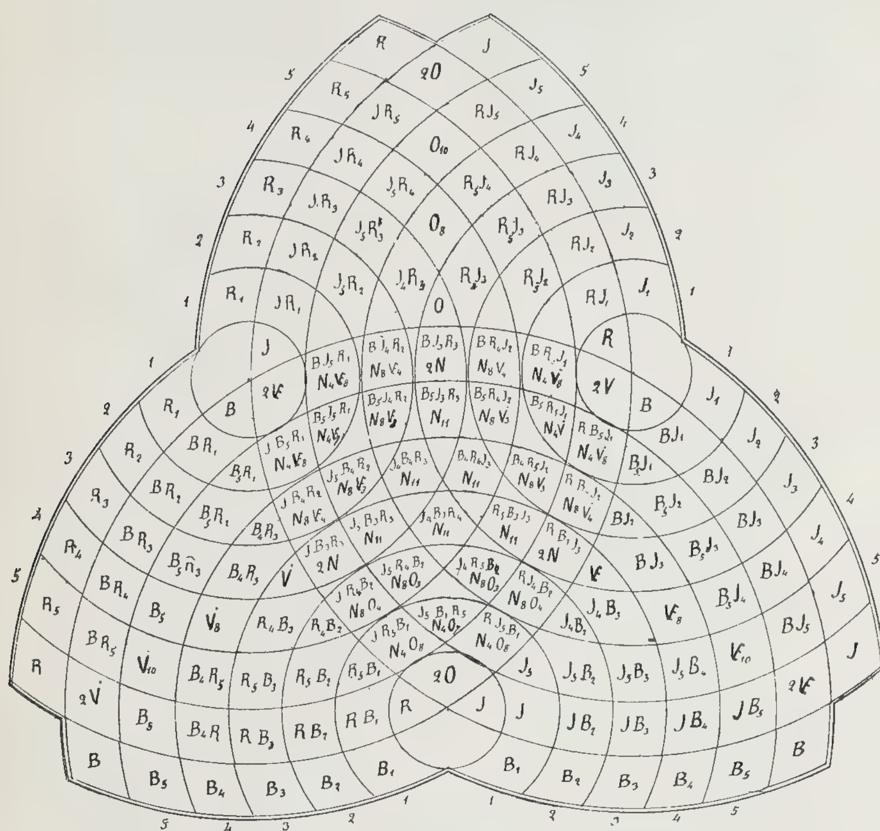
Chacun des trois lobes de cette planche donne les gammes des couleurs dérivées de deux des couleurs primitives.

Les dérivées immédiates se trouvent sur la ligne médiane de ces lobes, ainsi qu'aux cases angulaires du triangle central, rencontrées par ces médianes. Le reste des cases du triangle central est occupé par la présence simultanée, en proportions diverses, des trois couleurs primitives et montre l'extinction plus ou moins complète résultant de la rencontre des complémentaires. Les neuf cases où se réalise l'extinction totale forment une sorte de tricorne central joignant les arcs du triangle par leur milieu.

(1) *Théorie scientifique des couleurs*, p. 136.

(2) Voir la note présentée par M. Kœchlin à l'Académie des sciences, le 23 août 1886.

Le diagramme ci-dessous permet de se rendre compte de ces diverses particularités et formule les teintes de chacune des cases du trilobe.



SECTION II. — *Combinaisons des douze principales couleurs avec le blanc et le noir.*

81. Contenu de chaque tableau. — Chacun des douze tableaux formant cette section, représente les teintes résultant de la combinaison de chacune des douze couleurs principales avec le blanc et le noir ; il offre conséquemment l'ensemble des teintes lavées, rabattues et grisées de cette même couleur. Le diagramme qui suit le fera facilement saisir.

(a)		1	2	3	4	5	C (d)
	B_c	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C
1	N_1	C_1N_1	C_2N_1	C_3N_1	C_4N_1	C_5N_1	CN_1
2	N_2	C_1N_2	C_2N_2	C_3N_2	C_4N_2	C_5N_2	CN_2
3	N_3	C_1N_3	C_2N_3	C_3N_3	C_4N_3	C_5N_3	CN_3
4	N_4	C_1N_4	C_2N_4	C_3N_4	C_4N_4	C_5N_4	CN_4
5	N_5	C_1N_5	C_2N_5	C_3N_5	C_4N_5	C_5N_5	CN_5
N	N	C_1N	C_2N	C_3N	C_4N	C_5N	CN
(c)							(b)

La lettre C y désigne d'une manière générale la couleur dont le tableau représente la gamme ; la lettre N le noir couleur auxiliaire : l'autre couleur auxiliaire, le blanc B, n'est formulée d'une façon expresse qu'au point de départ du tableau ;

partout ailleurs il est exprimé par différence (21) et représenté par le fond du papier.

Les chiffres placés *en indices* indiquent en sixièmes la quantité de la couleur proprement dite ou auxiliaire qui entre dans la teinte représentée. Ainsi N_2 figure 2/6 de N, $C_3 = 3/6$ de l'équivalent de la couleur C.

Chacun des tableaux de cette section renferme 49 teintes dont 7 constituent la gamme constante du gris (8).

Ces quarante-neuf teintes sont reliées entre elles par une quadruple graduation :

Dans les rangées horizontales les teintes sont graduées en intensité chromatique pour une même quantité de noir.

Dans les colonnes verticales les teintes sont graduées en rabat pour une même quantité de couleur.

Dans les séries diagonales descendantes de gauche à droite (1), les teintes sont graduées par des proportions (de la couleur C proprement dite et de la couleur N auxiliaire) qui varient dans le même sens.

Dans les séries diagonales ascendantes, les teintes sont graduées par des proportions (de C et de N) qui varient en sens inverse. Le ton y reste le même.

La gamme des *tons lavés* de la couleur C occupe la première rangée du haut du tableau ; les *tons grisés* remplissent la partie du tableau qui est au-dessous de cette première rangée et au-dessus ou à gauche de la série diagonale ascendante principale *(c) (d)*. Les *tons rabattus* remplissent tout le reste du tableau. La gamme des tons rabattus faisant suite à la gamme des tons lavés, est donnée par la série diagonale ascendante principale *(c) (d)*; en effet, la couleur donnée C et la couleur auxiliaire y varient dans l'une et dans l'autre en sens inverse. Les autres tons rabattus le sont à la fois et par la présence du noir et par l'épaisseur ou l'excès de la couleur (20. 84).

Nota bene. — Les artistes ou industriels qui auraient besoin de préciser des teintes moins distantes encore que celles de nos tableaux, auront toute facilité pour la formuler (21. 94).

(1) Toutes les fois que nous parlons des diagonales soit descendantes soit ascendantes, nous les prenons toujours dans le sens de l'écriture, de gauche à droite.

82. Remarques sur les tableaux de cette seconde section. — On y constate que les différences chromatiques qui spécifient les couleurs et les nuances, diminuent à mesure que les tons sont plus lavés ou plus rabattus (48). Ce sera donc dans la partie moyenne des tableaux que la distinction des teintes sera la plus assurée. La diminution de la lumière fait tendre plus ou moins les teintes vers le bleu, tandis que, sous une lumière de plus en plus vive, toutes les teintes convergent vers le jaune blanchâtre. En d'autres termes, le *changement du ton entraîne souvent, sauf peut-être pour le rouge-orangé, une modification dans la nuance*, mais cette modification n'a jamais lieu que dans deux sens, du côté du jaune ou du côté du bleu (1).

C'est un fait, le soleil dans l'éclat de son midi *dore* toutes choses, tandis qu'à la tombée du jour et plus sensiblement encore à la clarté de la lune, tous les objets prennent une teinte bleuâtre. Aussi, sur les théâtres, pour représenter les effets de lune, met-on aux lumières de la scène des verres teintés de bleu.

Réciproquement, le changement de nuance entraîne souvent une modification dans le ton.

Dans *la gamme bleue* les tons clairs paraissent plus distants les uns des autres que les tons rabattus et cela se comprend, ces derniers étant moins distincts ; dans *la gamme jaune*, au contraire, les tons clairs semblent se rapprocher les uns des autres plus que ne le font les tons rabattus, et de plus, à mesure que le jaune s'assombrit, il prend une teinte verdâtre (2). Cette tendance du jaune au vert quand il se rabat, s'explique par le fait général constaté plus haut, que toutes les couleurs inclinent vers le bleu en même temps qu'elles s'assombrissent, le bleu venant à la rencontre du jaune doit donner du vert.

Mais pourquoi, dira-t-on encore, cette tendance générale des couleurs vers le bleu ou vers le jaune suivant que le blanc ou la lumière diminue ou augmente? On peut répondre que cette tendance trouve son explication dans ce fait que la luminosité du jaune est la plus grande parmi toutes les couleurs et celle du bleu la plus faible. D'après N. O. Rood. (p. 23) la luminosité du papier blanc étant 100,

(1) La distance des objets tendant à rabattre leur ton, tendra également à modifier leur nuance. Chevreul, *Mém. de l'Institut.* T. XXXIII, p. 97.

(2) Lorsqu'on voudra rabattre le jaune et éviter la teinte verte, il faudra recourir au violet, complémentaire du jaune (42).

celle du papier jaune est 80, celle du papier bleu est seulement 7. De toutes les couleurs, le jaune est donc celle qui se rapproche le plus de la lumière blanche (5) et le bleu celle qui a le plus de parenté avec l'obscurité ; donc il y aura affinité entre la présence du jaune et l'augmentation de la lumière, entre la diminution de la lumière et l'arrivée du bleu.

Sections IIIe et IVe. — *Combinaisons de deux couleurs proprement dites.*

83. Contenu de ces tableaux. — Chacun des tableaux de ces deux sections de l'atlas représente les teintes résultant de la combinaison de deux couleurs proprement dites, et par suite les gammes de nuances qui dérivent de leur association.

Dans le diagramme qui suit, C et C' figurent d'une manière générale les deux couleurs combinées dans le tableau ; les chiffres placés en *indices* évaluent en sixièmes d'équivalent les proportions du mélange.

En chacun de ces tableaux, il y a quarante-huit nuances reliées entre elles par une quadruple graduation.

Les séries diagonales horizontales sont autant de *gammes de tons* différents pour une même nuance : en effet, les teintes y sont graduées par des proportions de C et de C' qui varient simultanément d'une même quantité et dans le même sens.

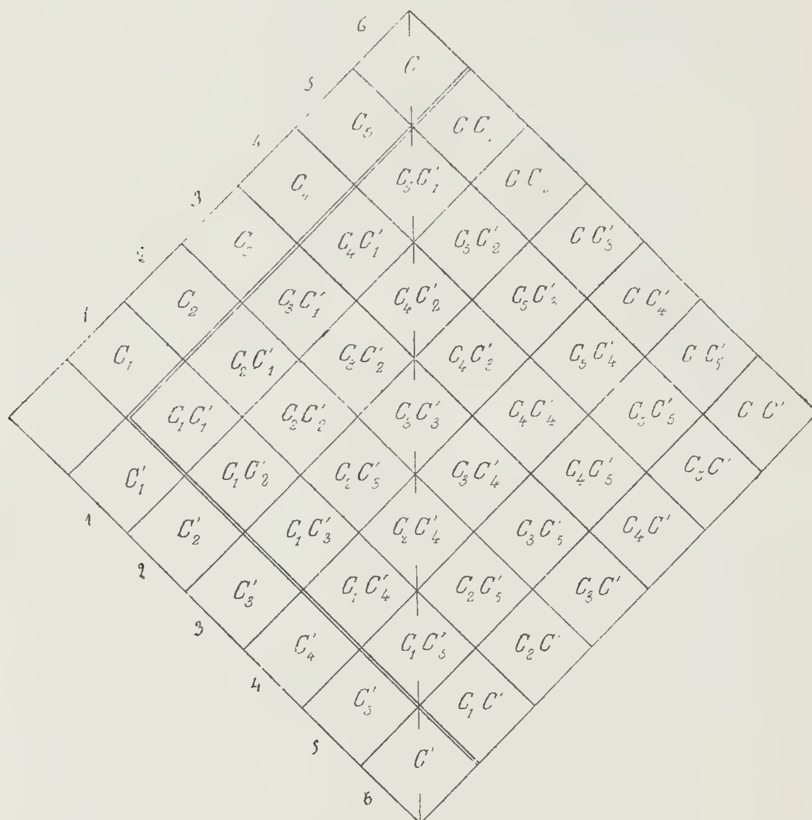
Les séries diagonales verticales sont autant de *gammes de nuances* différentes pour un même ton : en effet, les teintes y sont graduées par des proportions de C et de C' qui varient simultanément d'une même quantité et en sens inverse. Toutes ces séries diagonales verticales se suivent d'un tableau à l'autre pour former une série unique d'une même tonalité ; la diagonale verticale principale représente les tons francs et par suite une partie du cercle chromatique. Il suffit de mettre bout à bout les diagonales principales des six tableaux de la troisième section pour avoir le cercle chromatique complet.

Dans *les rangées ascendantes* (1) du tableau, les nuances sont graduées par des quantités croissantes de C pour une même quantité de C'.

(1) Rappelons-le, toutes les fois que nous parlons de montées ou de descentes dans les séries obliques de nos tableaux, nous supposons toujours que l'on marche dans le sens de l'écriture, de gauche à droite.

Dans *les rangées descendantes* du tableau, les nuances sont graduées par des quantités croissantes de C' pour une même quantité de C.

Deux *gammes simples* limitent le tableau sur la gauche, en montant et en descendant à partir du blanc ; ce sont les gammes lavées de C et de C'.



D'autres *nuances lavées* occupent la partie gauche du tableau comprise entre ces deux gammes simples et la gamme franche (diagonale verticale principale).

Des *nuances rabattues* par excès de couleur remplissent au delà de la gamme franche tout le reste, c'est-à-dire la partie droite du tableau. En comparant cette partie droite dans les tableaux successifs des deux dernières sections de l'atlas, on constatera ce que nous avons dit plus haut (20) de la variété d'intensité de rabat que présentent les différentes nuances pour un même excès de couleur.

84. Nota bene. — Les artistes ou industriels qui auraient besoin de distinguer des nuances plus rapprochées que celles de nos tableaux, auront le moyen de les formuler (22. 93. 94).

85. Remarque sur les tableaux de la 4e section. — Le diagramme ci-dessus représente également bien les tableaux de la 3e et de la 4e section, car leur disposition est la même. Ce qui distingue les deux sections, c'est que dans la 4e la distance qui sépare les nuances est deux fois plus grande que dans la 3e ; en cette dernière il s'agit de la combinaison de deux *couleurs voisines*, tandis que dans la 4e section on voit l'association des *couleurs fort distantes*, c'est-à-dire des couleurs primitives, du rouge et du jaune, du jaune et du bleu, du bleu et du rouge.

Ces couleurs sont les plus distantes possible au point de vue des combinaisons franches ; il y a bien sur le cercle chromatique des nuances plus éloignées l'une de l'autre que ne le sont les couleurs primitives, mais leur association donne lieu à la rencontre de couleurs complémentaires et par suite à l'apparition de teintes rabattues par la présence du noir (40).

En combinant, par exemple, la couleur rouge **R** avec la couleur jaune vert **JVE** (plus éloignée de **R** que **J**) la partie verte du jaune-vert étant complémentaire du rouge en neutralisera une partie ; il en résultera la formation d'une certaine quantité de noir qui rabattra la couleur orangée résultante. Voir le problème des mélanges de couleurs (122-128) et le frontispice de l'atlas.

En comparant les tableaux de la 3e et de la 4e section, au point de vue des ressources qu'ils peuvent offrir, on voit que les tableaux de la 4e section serviront fort peu ; ils ne font guère que reproduire équivalemment une partie des tableaux de la 3e section, savoir les teintes dans lesquelles l'indice de la composante la plus faible est pair. Il y a bien, au coin inférieur de droite de chacun des tableaux de la 4e section, 9 teintes qui n'existent pas dans les tableaux de la 3e section,

mais il s'agit uniquement de teintes fortement rabattues ou confuses par un grand excès de couleur, teintes qui offrent fort peu de secours pour une collation d'échantillons (83), du moins tant qu'elles sont sur une surface mate. Ces teintes, formulées d'après la règle du n° 95, 2°, sont :

VE_8	$VE_8 J_1$	$VE_8 J_2$	O_8	$O_8 R_1$	$O_8 R_2$	$\dot{V}_8$	$\dot{V}_8 B_1$	$\dot{V}_8 B_2$
$VE_8 B_1$	VE_{10}	$VE_{10} J_1$	$O_8 J_1$	O_{10}	$O_{10} R_1$	$\dot{V}_8 R_1$	$\dot{V}_{10}$	$\dot{V}_{10} B_1$
$VE_8 B_2$	$VE_{10} B_1$	$2 VE$	$O_8 J_2$	$O_{10} J_1$	$2 O$	$\dot{V}_8 R_2$	$\dot{V}_{10} R_1$	$2 \dot{V}$

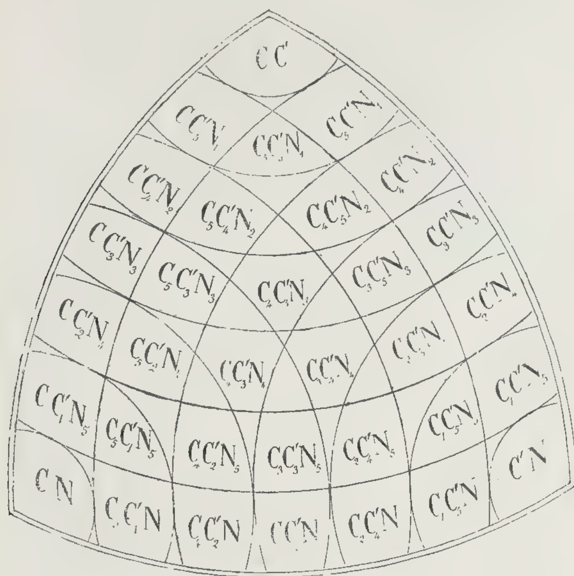
Section V. — *Combinaisons avec le noir des nuances dérivées de la troisième section.*

86. Contenu de chaque tableau. — Chacun des tableaux de cette cinquième section représente, dans un triangle curviligne, des teintes résultantes de la combinaison du noir avec des nuances fournies par chacun des tableaux de la troisième section. Le diagramme suivant fera comprendre la disposition de ces nuances dérivées et leur degré variable de rabat.

Les trois sommets du triangle sont occupés par des combinaisons binaires : celui du haut par celle des deux couleurs composantes C et C', celui de gauche et de droite par le mélange du noir N avec chacune de ces deux couleurs C et C'. Des teintes données dans les trente autres cases du triangle, deux seulement $C_3 C'_3 N_5$ et $C_3 C'_3 N$ (situées au bas de la médiane verticale) sont déjà représentées dans la seconde section ; les vingt-huit autres sont nouvelles en l'atlas et offriront une vraie ressource pour identifier les teintes.

Les zones concentriques successives du triangle contiennent chacune une même quantité d'une des trois couleurs C, C' ou N, combinée avec des proportions graduées des deux autres ; cette quantité constante en chaque zone va croissant d'un sixième de l'une à l'autre, jusqu'à la zone extérieure où elle atteint son maximum.

Avant d'en venir à la conception de ces tableaux en triangle curviligne,



nous avions pensé recourir à l'équilatéral rectiligne qui, au lieu de 28 teintes nouvelles, en offre 44 ; sur ces 44 teintes, 29 ne figurent pas dans le triangle curviligne, celui-ci n'en possède que 15 qui lui appartiennent exclusivement. Mais nous nous sommes arrêtés devant la difficulté qu'on aurait rencontrée, dans les chromos, à déterminer les indices de chaque case. Pendant l'impression de cet ouvrage, nous avons trouvé le moyen de tourner cette difficulté et nous l'emploierons dans une édition subséquente.

LIVRE QUATRIÈME

PRINCIPAUX PROBLÈMES

AVANT-PROPOS

Les problèmes de chromatique ne comportent ni dans leurs données ou conditions, ni par suite dans leurs solutions, la rigueur des problèmes de mathématiques. Ils fournissent cependant des indications positives assez précises pour préserver d'erreurs sensibles, diminuer les tâtonnements et guider sûrement dans l'étude et l'emploi des couleurs. La plupart des problèmes qui suivent reçoivent une double solution, l'une à l'aide des tableaux typiques, l'autre par le moyen des notations chromatiques sans avoir à recourir aux tableaux.

PROBLÈME I

IDENTIFICATION D'UNE COULEUR OU TEINTE DONNÉE ; SON ANALYSE, SA FORMULE.

87. Fréquente rencontre de ce problème. — A toute heure, dans la culture des arts ou des sciences, dans le commerce ou l'industrie, on a besoin de désigner des teintes particulières. La peinture, la teinture et autres arts utiles ne sauraient prendre leur plein essor qu'à la condition de pouvoir préciser les couleurs qu'ils emploient. Mais avec les termes anciens on reste dans le vague vu leur peu de précision ; on hésite à se servir des noms nouveaux vu le caprice qui préside à leur choix ; la vraie solution du problème n'est pas abordée dans la plupart des cas.

Aussi, dans un ouvrage tout récent (1), le professeur A. H. Church n'hésite pas à le déclarer : « Tant que les savants et les artistes réunis en *Conférence internationale* ne se seront pas mis d'accord sur les noms d'une couple de centaines de nuances, et que ces nuances reproduites sur émail ne seront pas conservées comme des types auxquels on puisse toujours en référer, ainsi qu'on l'a fait pour les éta-

(1) *Colour*, by A. H. Church, p. 64. London, 1887.

lons des poids et des mesures ; *nous devrons être reconnaissants pour tout essai tenté dans la direction d'une nomenclature rationnelle et complète des couleurs.* „

88. Ce problème peut être résolu. — A l'aide de nos tableaux et de nos formules on peut, il me semble, remédier à cet état de choses, analyser une teinte donnée, déterminer son ton, sa nuance, établir sa formule et par suite l'identifier avec elle-même.

La marche que nous allons indiquer conduit pas à pas à la solution. Dans la pratique, elle se simplifiera beaucoup. D'abord, quiconque aura les yeux tant soit peu exercés à la distinction des couleurs franchira immédiatement les intermédiaires. Il suffira à tout autre, pour en arriver au même point, de faire quelques déterminations à l'aide de nos tableaux. A peine en aura-t-il un peu l'usage qu'il ira directement à la planche et à la teinte cherchée et pourra de suite en formuler l'expression.

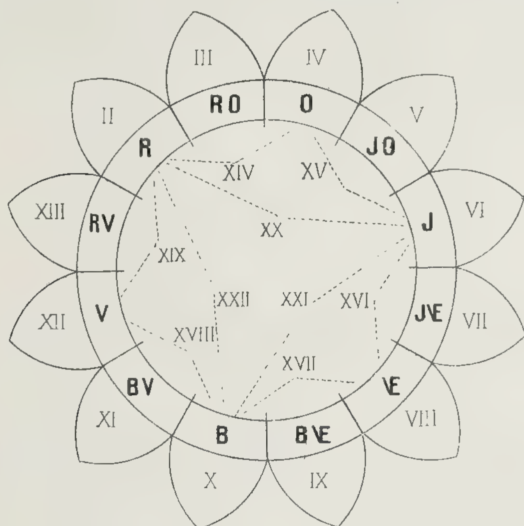
En général, pour déterminer la couleur d'un objet, on l'isole de son mieux, et on la place aussi près des types que possible sous un jour moyen. Si l'objet est brillant ou luisant, il est essentiel d'éviter la réflexion spéculaire, en observant l'objet dans une position où cette réflexion ne puisse rencontrer les yeux.

Trois cas principaux peuvent se présenter :

89. La teinte donnée paraît être d'un ton franc (1er cas). — Quand la teinte en question n'est ni rabattue, ni lavée, ni grisée, on peut recourir d'abord à la rose du frontispice (planche I). La partie moyenne de chacune des feuilles offre le ton franc de la feuille. Si la teinte donnée est du nombre des douze couleurs franches principales on la reconnaîtra facilement ; si elle est plutôt entre deux de ces couleurs, on se reportera au tableau de la troisième section correspondant à cette teinte comme l'indique le diagramme synoptique de la page suivante, savoir, respectivement, au tableau XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX pour la teinte comprise entre R et O, O et J, J et VE, VE et B, B et V̇, V̇ et R.

On la trouvera dans la diagonale verticale principale, ou tout au moins, on y rencontrera la teinte qui en approche le plus, et nous indiquerons plus bas (93) comment la préciser davantage.

90. La teinte donnée n'est pas franche mais appartient à une des douze nuances principales (2me cas). — Quand la teinte donnée est plus ou moins lavée, rabattue ou grisée, on recourt à la seconde section de l'atlas et au tableau qui correspond, au moins approximativement, à la teinte donnée (voir le diagramme synoptique). Le rapprochement de cette teinte avec celles du tableau donnera, soit de la reconnaître immédiatement, soit de la chercher dans le tableau voisin, en deçà ou au delà, selon le sens de la divergence des teintes comparées.



On trouvera la teinte en question, si elle est *lavée,* dans la première rangée horizontale en haut du tableau ; si elle est *grisée,* elle sera à gauche et au-dessus de la diagonale ascendante principale, d'autant plus à gauche et en haut que le gris est plus clair ; enfin si elle est *rabattue,* elle est soit sur la diagonale ascendante principale soit à sa droite et au-dessous. Dans le cas où le rabat de la teinte donnée serait particulièrement moelleux, on pourrait utilement consulter le tableau

correspondant de la troisième section, où le rabat est dû non à l'addition du noir mais à l'épaisseur de la couleur.

Nous avons dit, on trouvera la teinte en question ; ajoutons, ou du moins la teinte qui dans nos tableaux en approche le plus ; nous donnerons plus loin (93) le moyen d'atteindre une plus grande précision.

91. La teinte donnée n'est pas franche et se révèle intermédiaire entre deux des douze nuances principales (3me cas). — En cherchant comme ci-dessus une teinte donnée, non franche, dans les tableaux de la seconde section, il peut se rencontrer que cette teinte, au lieu de s'identifier avec la nuance d'un des douze tableaux, soit plutôt intermédiaire entre les nuances de deux de ces tableaux ; alors on se reportera aux tableaux de la cinquième section :

au XXIII pour un rouge-orangé,
au XXIV pour un orangé-jaune,
au XXV pour un jaune-vert,
au XXVI pour un vert-bleu,
au XXVII pour un bleu-violet,
au XXVIII pour un violet-rouge.

Si la teinte en question ne s'y trouve pas encore à la satisfaction du chercheur, il devra recourir au tableau correspondant de la troisième section (voir le diagramme synoptique) où se trouvent des *gammes de nuances* plus nombreuses ; mais auparavant si la teinte est rabattue ou grisée on évaluera l'importance du noir à l'aide des tableaux de la seconde section et cela, en promenant l'échantillon le long des rangées horizontales qui paraissent convenir, *abstraction faite de la différence des nuances.*

Arrivé au tableau de la troisième section, on y cherchera la teinte donnée, soit au-dessus de la grande diagonale horizontale, soit au-dessous, suivant que l'une ou l'autre des couleurs composantes l'emportera.

L'identification laisse-t-elle encore à désirer ? Nous indiquerons plus bas (93) comment on arrivera à une détermination plus absolue.

92. Vérification. — Chacun de nos tableaux étant à entrée multiple (81-84) pour vérifier les indications obtenues par l'une d'elles, il suffira de procéder par une autre, et l'on devra retrouver la même teinte, sinon elle n'a pas été convenablement déterminée.

Ces vérifications n'intéressent guère que la théorie, car, au point de vue pratique, l'œil, au lieu de parcourir successivement les teintes de telle ou telle gamme, arrive à la teinte cherchée en embrassant d'un seul regard la partie du tableau qui la renferme. Toujours est-il que, si l'œil arrive facilement et sûrement à identifier la teinte donnée, c'est grâce à la quadruple ou au moins triple graduation qui relie les teintes de nos tableaux.

93. Moyen d'arriver à une précision plus grande. — La teinturerie et la tapisserie peuvent parfois réclamer une échelle de gradations plus rapprochées que celles de nos tableaux, soit pour les nuances, soit pour les tons. Les procédés d'exécution auxquels nous avons eu recours pour nos tableaux, nous permettraient de donner des types beaucoup plus voisins, mais ces types fourniraient-ils le moyen de préciser davantage la détermination des nuances et des tons? Nous ne le croyons pas, car les différences résultant de la variété du *substratum*, les distances inévitables entre des teintes sur papier et des teintes sur soie, laine ou coton, seront toujours plus grandes que les différences ou distances chromatiques à constater, quand on veut pousser la précision à ses dernières limites.

Ce ne sera donc pas à l'aide de tableaux sur un *substratum* hétérogène qu'on pourra obtenir cette dernière précision ; ce sera par la juxtaposition et la comparaison de spécimens de teintes ayant les mêmes conditions de *substratum*, qu'on pourra ranger ces teintes en gamme chromatique ; c'est du reste ce que font les industriels ou artistes dont nous parlons. Une fois les teintes ainsi classées, nos notations chromatiques permettront de les traduire facilement en formules.

94. Établissement de la formule d'une teinte donnée. — Il faut avant tout que cette teinte soit déterminée, c'est-à-dire identifiée avec un de nos types ou tout au moins classée entre deux des types fournis par nos tableaux. Cela fait, il n'y a plus qu'à exprimer en notations chromatiques (11-22) la place, le rang qu'elle occupe, pour avoir sa formule.

D'abord on désignera la *famille chromatique* de cette teinte par le symbole correspondant au tableau où elle se trouve, ce sera l'un des suivants :

R, RO, O, JO, J, JVE, VE, BVE, B, BV̇, V̇, RV̇.

Une lettre simple s'il s'agit d'une couleur primaire ou secondaire, un symbole bilittéral s'il est question d'une couleur dérivée de second ordre ou au delà.

Ensuite on précisera la *nuance* et le *ton* à l'aide des indices. Les chiffres de ces indices sont indiqués par la place occupée par la couleur : ils se trouvent à la tête des rangées non diagonales, dont cette place est le point de croisement. Soit par exemple une teinte rouge s'identifiant dans le tableau II avec celle de la case située à la rencontre de la troisième rangée horizontale et de l'avant dernière colonne verticale, la teinte sera immédiatement formulée R_5N_2, car 5 est à la tête de l'avant dernière colonne verticale et 2 à la tête de la troisième rangée horizontale.

95. Remarques particulières. — 1° Quand, dans la seconde section de l'atlas, une teinte appartient à l'un des tableaux impairs, elle est nécessairement une des dérivées à formule bilittérale RO, JO, JVE, BVE, BV̇, RV̇, et l'indice de la couleur doit être partagé entre les deux lettres (18) à moins qu'on ne le place en dehors d'une parenthèse renfermant les deux lettres. Soit par exemple une teinte gris foncé verdâtre s'identifiant dans le tableau VII avec celle de la case située à la rencontre de la colonne verticale marquée 2 et de la rangée horizontale marquée 3 ; je devrai formuler la teinte $(J\,VE)_2N_3$ ou $J_1VE_1N_3$. En effet l'indice 2 de la colonne verticale n'affecte isolément ni le jaune J ni le vert VE, mais le jaune-vert JVE, composé d'égales parties de jaune et de vert ; donc il doit être ou partagé par moitié ou mis hors d'une parenthèse renfermant le double symbole.

2° Dans la quatrième section, le symbole correspondant aux teintes de chacun des tableaux n'est pas donné par les deux initiales des couleurs qui s'y associent, mais par l'initiale de la dérivée qu'elles constituent et dont le nom sert de titre au tableau. Ainsi ce symbole sera O pour le tableau XX, VE pour le XXI[e] et V̇ pour le XXII[e]. Ce symbole déterminé, on précisera la nuance en question à l'aide des indices des deux couleurs composantes. Si l'indice est le même pour ces deux composantes, on en prendra le double pour en affecter le symbole de la dérivée.

Par exemple, $J_2B_2 = \dot{V}E_4$; $R_3J_3 = O$. Si les indices sont inégaux, la formule de la teinte donnée sera bilittérale ; elle sera constituée par le symbole de la dérivée auquel on joindra le symbole de la composante en excès. On affectera le symbole de la dérivée du double de l'indice le plus faible, et le symbole de la composante en excès, de l'excédent de l'indice le plus fort. Ainsi la teinte désignée sur le tableau XX par R_5J_1 s'écrira O_2R_4.

3° Il semble indifférent d'écrire RO ou OR, mais il paraît naturel quand les indices sont inégaux de placer la première la couleur la plus forte et de donner à la seconde le rôle d'un adjectif. On écrira O_2R_1, $B_4\dot{V}_1$ et on les nommera, le premier un orangé rougeâtre, le second un bleu violacé.

4° Toutes les fois que, dans l'identification d'une teinte, on arrive à l'une des cases situées dans nos tableaux à droite de la grande diagonale, ascendante dans la seconde section, verticale dans la troisième et la quatrième, la somme des indices est supérieure à 6, par suite la formule ne correspond pas directement au type de nos équivalents ; nous verrons (124) comment on l'y ramène.

96. Applications. — Soit d'abord un morceau d'ambre jaune dont nous voulons identifier et formuler la teinte. Du moment qu'elle est franche, je dois (89) consulter la rose synoptique. La teinte de l'ambre m'y paraît être entre J et O, dès lors je me reporte au tableau XV de la troisième section, contenant les gammes de nuances du jaune-orangé et je constate que la nuance de mon ambre s'identifie avec la teinte type J_4O_2.

2° Soit une feuille (de pavot) d'un vert glauque, c'est-à-dire plus ou moins grisé, je devrai selon la règle (90) recourir à la seconde section de l'atlas ; la nuance étant verte, je prends le tableau VIII et je reconnais la teinte de ma feuille à la case formulée $\dot{V}E_3N_1$, indiquant deux sixièmes de blanc.

3° Soit une fleur de *capucine*. La teinte n'est pas franche, mais un peu brunie, nous la cherchons d'après la règle (90) dans les tableaux de la seconde section ; elle s'y révèle intermédiaire entre le rouge et le rouge-orangé, entre les tableaux II et III ; il y aura lieu (91) de recourir au tableau XXIII de la cinquième section. Je reconnais la teinte des pétales de la fleur dans la troisième case de la zone extérieure de droite ayant pour formule R_4ON_2.

4° Soit une *ardoise* dans la teinte de laquelle on reconnaît un mélange de bleu, de violet et de gris. Puisqu'il y a du gris dans la teinte, elle n'est pas franche ;

c'est encore à la seconde section que je me reporte, et au tableau XI du bleu-violet, $B\dot{V}$. En comparant les teintes de ce tableau avec celle de l'ardoise, je constate que dans la teinte de celle-ci le bleu l'emporte sur le violet, j'en conclus que la teinte en question est intermédiaire entre les teintes du tableau du bleu et celles du tableau du bleu-violet. Je devrai donc (91) recourir dans la cinquième section au tableau correspondant à cette nuance intermédiaire, c'est-à-dire au XXVII. N'y trouvant pas encore exactement la teinte de l'ardoise donnée, je me reporterai au tableau XVIII de la troisième section, mais auparavant dans le tableau du bleu-violet de la seconde section, je détermine le degré d'importance qu'a le noir dans la teinte de mon ardoise, et je constate que ce noir peut être représenté par N_2. Passant au tableau XVIII, faisant abstraction du rabat, je rencontre la nuance de la teinte donnée dans la case $B_2\dot{V}_1$; sa formule complète sera donc $B_2\dot{V}_1N_2$; il y a un sixième de blanc d'où résulte la nuance grisâtre de la teinte de cette ardoise.

5° Soit enfin un exemple des teintes les plus rapprochées que l'on puisse avoir à distinguer et à formuler : je l'emprunte à la série des spécimens de couleurs d'aniline fabriquées par la grande usine de Neuville-sur-Saône (Badische anilin fabrik), et publiée par ses soins sur cachemire ; je donne en regard la nomenclature de l'usine et nos formules pour sept nuances très voisines dont les yeux les mieux exercés peuvent à peine saisir la différence.

Nomenclature de l'usine.	*Nos formules.*
Violet cristallisé breveté.	$B_3\ \dot{V}_3$
Violet au méthyle *6 B* extra.	$B_{2u}\ \dot{V}_{3a}$
Violet au méthyle *5 B* extra.	$B_{2o}\ \dot{V}_{3e}$
Violet au méthyle *BBBB* extra.	$B_{2i}\ \dot{V}_{3i}$
Violet au méthyle *BBB* extra	$B_{2e}\ \dot{V}_{3o}$
Violet au méthyle *BB* extra.	$B_{2a}\ \dot{V}_{3u}$
Violet au méthyle *B* extra	$B_2\ \dot{V}_4$

PROBLÈME II

DÉTERMINATION DES GAMMES DIVERSES DONT FAIT PARTIE UNE TEINTE DONNÉE QUELCONQUE.

97. Importance de cette détermination. — Savoir assortir les couleurs, c'est un besoin pour quiconque s'occupe de décoration, de peinture ou de tapisserie ; pour qui dessine les tissus de vêtement ou d'ameublement ; pour les modistes et les bouquetières. Ce problème et le suivant répondent à cette exigence pratique, ils intéressent tous ceux qui cultivent *l'esthétique*. Déterminer les gammes diverses dont fait partie une teinte donnée, c'est indiquer les différentes séries graduées dans l'assortiment desquelles elle entre.

98. Où se trouve l'harmonie chromatique. — C'est dans la juxtaposition ou la succession des teintes graduées, des nuances ménagées que consiste l'*harmonie chromatique ;* de là le nom de gamme chromatique donné par analogie en musique, à la gamme qui procède par demi tons.

« Pour bien reconnaître la différence qu'il y a, sous le simple rapport de la *beauté*, entre une couleur bien dégradée et une autre qni ne l'est pas, il suffit d'étendre sur une feuille de papier une teinte plate de couleur rose et de mettre

une feuille de rose à côté. La beauté de la rose, quand on la compare aux autres fleurs, dépend surtout de la délicatesse et de la multitude de ses gradations de couleur, car toutes les autres fleurs sont ou moins riches en gradations ayant moins de pétales accumulés, ou moins tendres parce qu'elles sont marbrées ou veinées au lieu d'être nuancées. La nature nous présente sans cesse des changements gradués de couleur... Cette succession de teintes qui se fondent l'une dans l'autre est une des plus grandes sources de beauté que nous connaissions... C'est la dégradation bien plus que le contraste qui est le triomphe de l'art du peintre (1) ». Qui se lassera jamais d'admirer l'harmonie chromatique de l'arc-en-ciel dont toutes les nuances passent insensiblement de l'une à l'autre.

99. Rôle du contraste dans l'harmonie. — En traitant des arrangements harmonieux de couleurs, plusieurs auteurs à la suite de M. Chevreul distinguent deux sortes d'harmonie, celle des teintes *analogues* et celle de *contraste*. La distinction est commode pour indiquer d'un mot le caractère de l'association chromatique en question, mais l'expression n'est pas heureuse (2), peut induire en erreur et laisser croire que le contraste constitue une harmonie .Ainsi, dans le grand dictionnaire des arts et manufactures de M. Ch. Laboulaye, à l'article *couleurs*, il est dit que « parmi les harmonies de contraste, celle des couleurs complémentaires est supérieure à toute autre... les tons étant à la même hauteur.., elle produit le plus bel effet ».

Est-il bien sûr que le contraste soit un élément d'harmonie ? Que la juxtaposition des couleurs complémentaires de même ton, qui donne lieu au contraste le plus violent (38) produise le plus bel effet ? Le plus grand effet, assurément. Mais peut-on légitimement confondre la beauté d'un effet avec sa violence ? La variété dont le contraste est la forme limite est une condition du beau ; soit. Mais la variété qui va jusqu'à l'opposition, jusqu'au contraste, ne sera jamais qu'une ressource accidentelle dans la production de l'harmonie.

Qu'un enfant, qu'un homme non cultivé puisse trouver beau le contraste le plus voyant, belle l'association des couleurs les plus tapageuses, à peu près comme les Indiens et les Tartares apprécient la musique qui est pour eux d'autant plus belle

(1) O. N. Rood, *Théorie scientifique des couleurs*, pp. 239 et 240.
Voir également la *Grammaire des Arts décoratifs* de Ch. Blanc, p. 227.
(2) Cf. *Colour*, by A. H. Church, chap. XI.

qu'elle est plus bruyante, cela se conçoit, mais précisément en raison de l'absence de toute culture du goût.

Il est un principe fondamental en esthétique : *Le charme de l'harmonie naît de l'aisance avec laquelle nos facultés trouvent leur épanouissement sous son impression.* Or, au lieu de produire cet épanouissement, le contraste ne donne qu'une secousse.

Donc, si le contraste des couleurs peut contribuer en certains cas à la beauté d'un tableau, comme les accords dissonants à la beauté d'un morceau de musique, en faisant goûter davantage l'accord consonnant qui les suit, jamais le contraste en tant que contraste, ne sera un élément d'harmonie, il en est la contradictoire.

Nous disons le contraste en tant que contraste, car nous le verrons (109), si le contraste est ménagé de manière à n'être plus qu'un élément de variété décidée, ou l'occasion de la production d'une nuance de transition par une fusion optique, ce contraste ainsi atténué concourt efficacement à la beauté de l'ensemble.

100. Facilité avec laquelle la femme résout les problèmes de ce genre. — C'est habituellement avec une grande sûreté de coup d'œil que les femmes ou les jeunes filles savent assortir les couleurs. Elles ont sur ce point un instinct, un sens de l'effet qui les trompe rarement. Entrez chez une marchande de laines pour tapisserie, montrez-lui un échantillon, demandez-lui des laines dont la couleur puisse se marier avec celle que vous lui présentez. La marchande n'hésitera pas une seconde et vous mettra immédiatement sous les yeux toutes les nuances ou tons appartenant à la même gamme que votre échantillon. Les occupations de la femme, l'attention qu'elle donne à la toilette et aux divers ouvrages dans lesquels la couleur joue un rôle, peuvent contribuer à développer en elle cette aptitude à juger de l'harmonie chromatique. Innée ou acquise cette perception a chez elle plus de perfection qu'elle n'en a le plus souvent chez l'homme à qui nos tableaux donneront le moyen de suppléer à ce déficit.

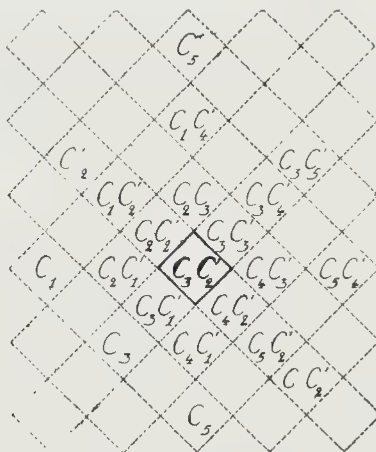
101. Emploi de ce répertoire pour la solution du problème en question. — Il suffit de procéder à l'égard de la teinte donnée comme on l'a fait dans le problème précédent, c'est-à-dire de trouver dans les *tableaux* la place assignée à cette teinte par sa nuance spécifique et son ton ou degré d'intensité.

Cette case et par suite la teinte donnée, où qu'elle soit du tableau, appartient à la fois à une série horizontale, à une série verticale et à une ou deux séries diagonales ; qu'il s'agisse de la nuance ou du ton, ces séries sont précisément les gammes demandées.

L'usage de nos *notations chromatiques* permettra d'obtenir les gammes demandées sans recourir aux tableaux.

Prenant la formule de la teinte donnée pour point de départ, on la répète en série au-dessus et au-dessous, à droite et à gauche, en forme de croix, en faisant varier les deux indices en sens contraire sur la *verticale* et dans le même sens sur *l'horizontale*. Dans *les directions obliques* intermédiaires, on répétera encore la formule en série, en faisant varier un seul indice d'une unité, en deçà et au delà, en sens contraire.

Dans cette construction on se servira avec avantage d'un quadrillage. Soient par exemple C et C' deux couleurs quelconques et $C_3C'_2$ cette teinte. Le diagramme ci-dessous offre les gammes auxquelles appartient la teinte donnée. On procéderait d'une façon analogue s'il s'agissait d'une teinte plus ou moins rabattue.



PROBLÈME III

HARMONISATION DE DEUX TEINTES DONNÉES QUELCONQUES

102. Consonnance et dissonance en chromatique. — Si l'on examine les couleurs au point de vue de l'impression plus ou moins agréable que produit leur juxtaposition, elles se partagent en *couleurs consonnantes* ou harmoniques dont l'association plaît aux yeux, et en *couleurs dissonantes* qui ne s'harmonisent pas et jurent ensemble.

Les couleurs consonnantes sont des teintes qui, tout en restant nettement distinctes, présentent entre elles une certaine continuité ou parenté, soit de nuance, soit quelquefois de ton.

Il y a consonnance, harmonie, par *continuité de nuance* dans la juxtaposition de deux tons différents d'une même nuance plus ou moins lavée ou rabattue. Telles sont les peintures en camaïeu, les étoffes dont les dessins se détachent en clair ou en foncé sur un fond de même nuance mais d'un ton différent ; telles sont les teintes offertes dans chacun des tableaux de la seconde section de notre atlas.

Deux teintes voisines sur le cercle chromatique sont consonnantes par *parenté de nuances*, alors même qu'elles diffèrent de ton. Les nuances *convergentes*, c'est-

à-dire qui ne diffèrent chromatiquement que par le plus ou moins d'admission de la même couleur primitive, rentrent dans l'énoncé général de la consonnance par parenté de nuance.

On aura consonnance et harmonie par *continuité de ton*, entre deux nuances différentes lavées ou rabattues au même degré, pourvu qu'elles soient assez loin de leur point de saturation ou maximum chromatique (6). Car la distance de deux nuances est d'autant moins sensible que leur ton est moins franc. Par extension le *noir* qui est la limite commune de tous les tons rabattus, s'harmonisera bien avec toutes les nuances, pourvu qu'elles ne soient pas trop claires ; et le *blanc*, qui est la limite de tous les tons lavés, s'harmonisera avec toutes les nuances, pourvu qu'elles ne soient pas trop foncées, car il faut une certaine parenté.

Les couleurs dissonantes sont de beaucoup les moins nombreuses. D'abord il ne saurait y avoir de dissonance que dans les tons francs ou peu éloignés de l'être, car, nous venons de le voir, il suffit que des teintes soient notablement lavées ou rabattues pour qu'elles puissent s'harmoniser. Parmi les teintes voisines de leur point de saturation, nous pouvons compter comme dissonantes, c'est-à-dire comme couleurs dont la juxtaposition est plus ou moins criarde, d'abord les couleurs primitives (le rouge, le jaune et le bleu) entre elles, de même les dérivées immédiates (l'orangé, le vert, le violet) entre elles ; le blanc et le noir juxtaposés soit l'un à l'autre, soit à un ton franc d'une couleur quelconque. Nous répondrons plus loin (104) à l'objection que l'on pourrait tirer de ce fait que beaucoup d'étendards et de drapeaux plaisent à l'œil bien qu'ils présentent la juxtaposition non ménagée des couleurs dont nous venons de parler comme jurant entre elles.

On donne encore comme dissonantes les couleurs placées à peu près à angle droit sur le cercle chromatique. En effet, il y a peu de parenté entre leurs tons francs.

Certains auteurs (1) comptent encore comme dissonantes les nuances qu'ils nomment *divergentes*, c'est-à-dire qui diffèrent en deux directions opposées par l'alliance avec deux couleurs primaires différentes, mais nous avouons que cette divergence nous paraît un peu contradictoire, car s'il y a divergence relativement

(1) Cf. L. Soret de Genève : *Revue scientifique* du 4 septembre 1886 : *item*, de Grimoüard de Saint-Laurent.

aux couleurs modifiantes, il y a convergence entre les deux teintes quant à la couleur modifiée.

103. Les couleurs complémentaires ne sont strictement ni dissonantes ni consonnantes. — Les couleurs complémentaires produisent un contraste (38. 99) qui dans les tons francs peut être dur, heurté, violent. Cela est vrai, mais en même temps, ce contraste peut être plus facilement ménagé que tout autre et alors, au lieu d'une dissonance, il en résulte une variété décidée, de la vigueur et de la vie : une couleur placée à côté de sa complémentaire plus terne la réchauffe de son auréole. Nous dirons plus loin (109) comment on ménage le contraste des complémentaires.

104. Toutes les couleurs peuvent s'harmoniser. — Ce que nous venons de dire de l'opposition des complémentaires s'applique dans une grande mesure à la dissonance entre quelques couleurs que ce soit. En musique les accords dissonants, s'ils sont convenablement préparés et résolus, concourent à la richesse de l'harmonie ; faute d'être préparés et résolus, ils déchirent l'oreille. Nous avons quelque chose de semblable en chromatique. La dissonance existante entre certaines couleurs disparaît et fait place à l'harmonie, par le fait soit d'une *finalité* particulière, soit de *correctifs* spéciaux, soit *de teintes intermédiaires.* Nous avons dans les drapeaux et les étendards un exemple d'*harmonisation résultant d'une fin particulière* atteinte. Un drapeau, c'est un signe, un cri de ralliement. Plus l'opposition des couleurs sera criarde, plus haut et plus loin se fera entendre le cri de ralliement. La juxtaposition de couleurs dissonantes dans un drapeau est donc une véritable adaptation à son objet. La *finalité* est une harmonie qui prime toutes les autres, parce qu'elle s'adresse à nos facultés les plus élevées, qui à leur tour dirigent l'appréciation de l'œil.

105. Harmonisation à l'aide de correctifs. — La nature elle-même va nous donner sur ce point la leçon la plus complète. Les peintres redoutent la couleur vert-émeraude, c'est, disent-ils, la plus insociable des couleurs. Or, nous voyons partout la verdure naturelle du feuillage se marier et s'associer harmonieusement avec toute espèce de fleurs ou de sol, quelle que soit leur couleur. Quel est le secret de cet accord, de cette harmonie ? Elle tient à diverses conditions.

Remarquons-le d'abord, l'opposition qui peut exister entre deux couleurs sera toujours d'autant plus atténuée que *leurs tons* seront moins francs, que l'étendue des *surfaces* qu'elles occupent sera plus restreinte et que la *ligne* de démarcation qui les sépare aura moins de rigidité. Or toutes ces causes d'atténuation interviennent, et d'une façon multiple entre la verdure et les fleurs, le sol, etc.

Les feuilles, en raison même de la loi de leur insertion sur des spirales, s'offrent à la lumière sur des plans diversement inclinés et présentent conséquemment une incessante variété *de tons clairs et foncés*. De plus, la diversité de structure entre les deux faces devient une nouvelle occasion de changement de ton et souvent aussi de nuance ; en même temps la *teinte* du vert, se modifiant d'une plante à l'autre, devient ici *cendrée*, là *rabattue*, ailleurs *nuancée* de jaune ou de bleu, de violet ou de rouge. Les formes plus ou moins gondolées dans les feuilles, gaufrées dans les fleurs, arrondies dans les fruits, engendrent d'autres changements de ton et de nuance aux différents points de leur surface. Voyez par exemple les fruits du houx d'un rouge corail à côté du vert éclatant de ses feuilles. Ce sont deux couleurs en plein contraste et cependant en parfaite harmonie. C'est que les baies luisantes et globulaires font jouer et envoient à nos yeux la réflexion spéculaire ; autour de cette portion si brillante, où l'œil ne perçoit que la lumière blanche, se montre un croissant d'un rouge clair, puis un autre plus foncé. C'est, d'autre part, que les feuilles vernies et gondolées en sens inverse d'un piquant à l'autre, donnent elles aussi, ici de la lumière blanche, là des tons clairs, plus loin des tons rabattus. Dès lors il ne saurait plus y avoir opposition, mais la plus riche harmonie.

Les *dimensions* des feuilles, des fleurs et des fruits sont fort restreintes. De plus, si parmi les feuilles il en est d'entières, combien sont dentées, crénelées, lobées ; si les unes sont à limbe étalé, d'autres sont linéaires ; s'il en est de simples, un grand nombre sont composées, pennées et pennatifides. Avec pareille structure de feuilles, le vert, si franc soit-il de sa nature, subit de profondes modifications chromatiques. Les rayons verts qui émanent des parties étroites et menues, se perdent et se noient en partie dans les rayons de couleurs différentes et donnent naissance à des nuances de transition.

Enfin le *contour*, le bord des feuilles, des bractées et des sépales, les *lignes* de démarcation entre le vert de celles-ci et la couleur des pétales font l'effet d'un véritable sertissement.

Ce sont là autant de *correctifs* que nous enseigne la nature et qui permettent d'harmoniser les couleurs les plus disparates. Nous pouvons les grouper sous trois titres : altération de ton ou de nuance, modification de l'étendue de la surface colorée, présence d'un sertissement. Étudions-les successivement.

106. Harmonisation par altération de ton ou de nuance. — On arrivera à atténuer ou même à faire cesser l'inimitié de deux couleurs en modifiant le ton ou la nuance de l'une d'elles, de manière à les rapprocher. C'est ainsi que, dans la décoration et la peinture des appartements, on pourra prendre pour bordure des couleurs fort distantes de celles du fond, mais dont l'une d'elles sera grisée, assombrie ou lavée. On rendra encore plus sûrement ces couleurs consonnantes en les lavant ou les rabattant toutes deux, car alors elles trouvent un trait d'union dans l'obscurité de leurs teintes si elles sont rabattues, dans leur clarté si elles sont lavées. C'est ainsi que des couleurs dissonantes sur le coton peuvent très bien être juxtaposées sur la soie. En cette dernière, il y a toujours une proportion de lumière blanche réfléchie suffisante pour marier en son rayonnement les nuances les plus opposées.

Dans les régions du Midi et de l'Orient, on aime les couleurs voyantes, le contraste qu'elles peuvent offrir y est beaucoup moins violent que dans les pays du Nord : c'est que la lumière du soleil plus abondante et plus vive, illuminant ces couleurs, en lave les tons les plus francs, en diminue l'intensité chromatique et leur donne un lien harmonique dans l'éclat même dont elles resplendissent.

Une considération analogue fera comprendre comment, jusque dans les pays du Nord, on peut sans inconvénient associer les couleurs les plus opposées dans la décoration des stores. Vues du dedans, éclairées comme elles le sont par transparence et par suite baignées par la lumière, ces couleurs n'auront rien de déplaisant.

107. Harmonisation par modification d'étendue relative de surface. — L'opposition des losanges bleus, blancs, rouges, jaunes, etc., qui forment le vêtement d'arlequin est des plus criardes, et ces mêmes couleurs s'harmonisent admirablement dans une étoffe écossaise. Pourquoi ? Parce que dans cette dernière, chacune des surfaces occupées par une couleur se divise sur les côtés en bandes fort étroites, en filets dont les rayons colorés se mariant optiquement avec

ceux des autres couleurs juxtaposées, produisent, sur l'œil, l'effet d'une teinte intermédiaire. C'est en chromatique quelque chose d'analogue à ce fait qu'en musique une dissonance sur une double croche n'a pas besoin d'être préparée.

L'opposition du noir et du blanc produit un effet heurté sur les draps mortuaires, parce que habituellement les surfaces occupées par le blanc et le noir sont assez étendues ; mais les étoffes demi-deuil plaisent au regard en raison du peu d'étendue continue de la surface occupée par l'une des couleurs auxiliaires. Quant à l'écriture, aux dessins en encre noire sur papier blanc, s'ils n'ont rien de heurté pour les yeux, c'est en raison de la ténuité des traits et de la fin particulière atteinte par ces traits (104).

Au lieu d'établir une disproportion entre les surfaces, on peut en restreindre l'étendue et en répéter la succession. Il résultera de cette répétition même, une harmonie d'ensemble dans laquelle se perdront les oppositions de détail.

C'était à Verdun, on bâtissait une maison dont la carcasse était en fer et les murailles en briques colorées et vernissées sur leur tranche extérieure. Lorsque je vis les premières de ces briques de couleur, je fus choqué du peu d'harmonie de leur groupement. Le surlendemain, ce même groupement était reproduit et répété jusqu'au delà du second étage ; l'aspect de l'ensemble n'avait plus rien de chromatiquement disgracieux, au contraire.

108. Harmonisation par la présence d'un sertissement. — De tous les correctifs le plus simple et le plus usité, c'est le sertissement. Il suffit de sertir, c'est-à-dire d'entourer d'un filet d'une couleur neutre ou auxiliaire une surface colorée pour qu'elle puisse s'harmoniser avec n'importe quelle autre teinte. En effet, ce filet permet aux auréoles complémentaires (33) des deux teintes de se mêler et se s'éteindre partiellement, il en résulte une transition consonnante d'une teinte à l'autre. Supposons un tapis avec de larges dessins jaunes sur un fond bleu clair, l'aspect sera désagréable. Séparons les deux teintes jaune et bleue par un sertissement noir et la composition n'aura plus rien de choquant. La présence du filet noir fait cesser l'impression qui naissait de la formation d'un vert mal défini entre les dessins et le fond, impression qui tenait l'esprit en suspens. Le sertissement satisfait le regard en marquant nettement les contours du dessin et en donnant lieu à la formation d'une teinte optique de transition.

« Dans un des pendentifs qui décorent si magnifiquement la bibliothèque du corps législatif, le bourreau qui a tranché la tête de saint Jean-Baptiste est vêtu de rouge et de bleu. Eugène Delacroix, ce prodigieux coloriste, emploie le blanc pour corriger ce qu'aurait de brutal la contiguité de deux couleurs franches telles que le rouge et le bleu. Le rapprochement est adouci par un peu de blanc qui les relie en leur conservant toutefois un aspect énergique, convenable pour la figure d'un exécuteur (1). »

109. Harmonisation des teintes complémentaires. — Les divers correctifs qui permettent de juxtaposer des couleurs par ailleurs dissonantes, ont encore plus d'efficacité pour l'harmonisation des couleurs complémentaires. Pourvu que l'une d'elles ne soit pas franche, ou qu'elle occupe une place beaucoup moindre, ou que la ligne de démarcation ne soit pas trop rigide, cela suffira souvent pour rendre l'association de ces couleurs des plus heureuses.

Pour ce qui est de la disproportion d'étendue dans les rôles à faire jouer à ces couleurs, écoutons un maître : « La loi des couleurs complémentaires, dans ses applications aux industries, particulièrement à l'art du tapissier, ne comporte jamais à doses égales, le jaune et le violet, le rouge et le vert, le bleu et l'orangé. Lorsque ces couleurs sont juxtaposées, l'une doit l'emporter de beaucoup sur l'autre en étendue ; autrement dit, l'une doit être principale, l'autre accessoire. Par exemple, un fauteüil en velours et en damas jaune, aura des lézardes violettes et, s'il est capitonné, des boutons violets. En vertu du même principe, les lézardes et les boutons d'un fauteuil rouge seront verts. De sorte qu'en thèse générale, si on veut avoir de la résolution, de la franchise dans l'effet décoratif, toute la passementerie des meubles et celle des rideaux — galons, torsades, liserés, boutons, glands, et franges — devra être de la couleur complémentaire de l'étoffe employée (2) . »

Il est également facile de comprendre comment, en rompant la rigidité de la ligne de jonction, on arrive à produire l'effet d'un sertissement. Imaginons deux pièces d'étoffe, l'une rouge, l'autre verte, qu'il s'agit de juxtaposer : si la jonction se fait en ligne droite, le contraste est violent ; si l'on ménage des dentelures de

(1) Ch. Blanc *Grammaire des Arts du dessin*, p. 567.
(2) Ch. Blanc, *Grammaire des Arts décoratifs*, pp. 228, 229.

manière à ce que la jonction soit une ligne brisée á angles aigus, ces dentelures dont l'œil fondra plus ou moins les teintes, suivant leurs dimensions, donneront lieu à une teinte de transition qui mariera très bien les deux couleurs.

110. Harmonie des vitraux peints. — Nous pouvons actuellemeut saisir les causes multiples qui concourent à donner habituellement aux vitraux peints une telle richesse d'harmonie. Le sertissement de plomb qui relie les pièces de verre, le morcellement des surfaces, la répétition des mêmes couleurs, viennent s'ajouter à l'éclat lumineux des teintes transparentes pour en rendre l'association toujours facile et le plus souvent d'un effet incomparable.

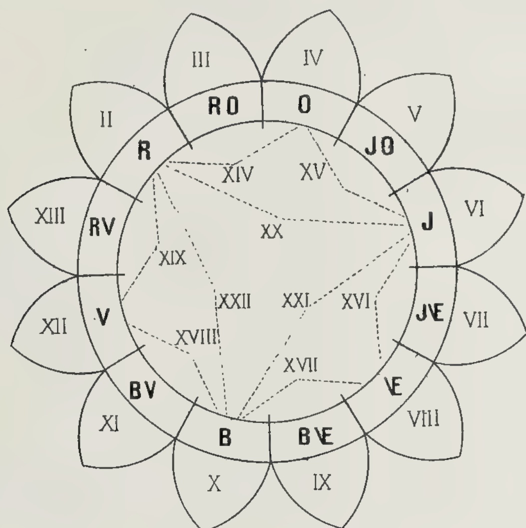
111. Harmonisation à l'aide des teintes intermédiaires fournies par les tableaux typiques. — Quatre cas peuvent se présenter.

Premier cas. — *Les deux teintes données sont franches.* Si ces teintes figurent sur la Rose synoptique du frontispice, c'est-à-dire si elles sont deux des douze principales couleurs, l'arc qui sur cette rose joint les teintes données en montre les intermédiaires directes. On le voit plus clairement encore dans le diagramme ci-après.

On aura un plus grand nombre de teintes intermédiaires en recourant aux tableaux correspondants de la troisième ou de la quatrième section ; les tableaux de cette dernière renferment deux fois moins de teintes que ceux de la troisième.

Si les deux teintes données ne sont pas parmi les couleurs de la rose synoptique, on les cherchera dans les tableaux respectifs de leur famille, (consulter au besoin le diagramme) et, parce que ces teintes sont franches, on les trouvera sur la grande diagonale verticale d'un même tableau ou de deux tableaux différents; (les diagonales verticales se suivent d'un tableau à l'autre pour former une seule et même série chromatique;) et l'on aura pour intermédiaires autant de teintes qu'il y a de cases entre celles qu'occupent les teintes données.

Ces intermédiaires sont *adéquates* parce qu'elles appartiennent à la même gamme (1) que les teintes données; les intermédiaires qui appartiendraient à une gamme collatérale de celle qui renferme les teintes données seront nommés *collatérales;* quel que soit le nombre des intermédiaires adéquates, les collatérales sont généralement deux fois plus nombreuses.



Soient, comme exemple, le rouge **R** et l'orangé-rouge **RO**, les deux teintes données. Elles sont consécutives sur la rose; pour trouver des intermédiaires nous recourons au tableau XIV. **RO** ou R_3O_3 occupe le milieu de la diagonale verticale principale et **R** son extrémité supérieure ; les intermédiaires cherchées sont au nombre de deux R_5O_1, et R_4O_2; les teintes données s'harmonisent ainsi : **R**, R_5O_1, R_4O_2, R_3O_3.

(1) Plusieurs teintes appartiennent à une même gamme, quand une même couleur composante a le même indice en ces teintes, ou quand la différence entre les indices d'une même composante est égale à la différence entre les indices de l'autre, quel que soit le sens de la différence.

Soient encore le rouge R et le jaune J, les teintes données. Nous aurons, dans la rose synoptique, d'abord une teinte intermédiaire unique O à égale distance de R et de J; ou bien les trois teintes RO, O, JO également adéquates; puis en recourant au tableau XX, contenant les gammes d'O, nous trouvons cinq intermédiaires, savoir : R_5J_1, R_4J_2, R_3J_3, R_2J_4, R_1J_5 (ou R_4O_2, R_2O_4, O, O_4J_2, O_2J_4); enfin l'ensemble des tableaux XIV et XV, renfermant les gammes de RO et de JO, nous en fournit dix : R_5O_1, R_4O_2, R_3O_3, R_2O_4, R_1O_5, O, O_5J_1, O_4J_2, O_3J_3, O_2J_4, O_1J_5.

112. Second cas. — *Les teintes données ne sont pas franches de ton mais sont de même nuance.*

Quoiqu'il y ait en chaque feuille de la rose synoptique une demi-gamme de tons lavés et de tons rabattus, il y a tout avantage à recourir immédiatement au tableau de la 2ᵉ section de l'atlas, renfermant les gammes de ton de la nuance donnée. Les teintes en question trouvées en ce tableau peuvent être sur une même ligne soit horizontale soit diagonale et alors on aura autant de tons intermédiaires adéquats qu'il y a de cases intermédiaires. Si les teintes données sont sur deux lignes différentes sans aucune correspondance régulière on aura des intermédiaires directes mais non adéquates, indiquées par la ligne droite menée d'une teinte donnée à l'autre. On pourra trouver encore d'autres intermédiaires plus ou moins approchées dans les tableaux de la 3ᵉ, de la 4ᵉ et de la 5ᵉ section avec cette particularité que les tons rabattus de la 3ᵉ et de la 4ᵉ ne le sont point par l'introduction du noir, mais par un exès de couleur, ce qui leur donne plus de transparence et de moelleux.

113. Troisième cas. — *Les teintes données ne sont pas franches, mais sont de même ton.*

On trouvera leurs intermédiaires adéquates sur la diagonale ou les diagonales occupées par les teintes données; ces diagonales de même ton se suivent d'un tableau à l'autre et y occupent respectivement la même place.

Soient R_3O_1 et J_2O_2 les teintes données, elles appartiennent aux tableaux XIV et XV, elles sont toutes deux sur la diagonale verticale de même rang indiquée par la somme des indices de chaque teinte ($3 + 1 = 4$, $2 + 2 = 4$)

et nous montrent quatre intermédiaires qui permettront d'harmoniser les teintes données comme il suit : R_3O_1, R_2O_2, R_1O_3, O_4, J_1O_3, J_2O_2.

114. Quatrième cas. — *Les teintes données ne sont pas franches et diffèrent à la fois de ton et de nuance.*

On fera d'abord abstraction du noir s'il y en a dans les teintes données, puis les intermédiaires trouvées on répartira graduellement le noir entre elles.

Pour obtenir les dites intermédiaires, on cherchera les teintes données dans les tableaux de la troisième ou de la quatrième section se rappelant que ces derniers renferment deux fois moins de teintes que les précédents. Si les deux teintes données ne sont pas dans un même tableau, elles sont sûrement comprises dans deux ou trois tableaux consécutifs qui formeront une des séries ternaires suivantes :

ou le XIV, le XV et le XVI,	allant	de R à O, à J, à VE,	1re	série;
ou le XV, le XVI et le XVII,	»	de O à J, à VE, à B,	2e	série;
ou le XVI, le XVII et le XVIII,	»	de J à VE, à B, à V̇,	3e	série;
ou le XVII, le XVIII et le XIX,	»	de VE à B, à V̇, à R,	4e	série;
ou le XVIII, le XIX et le XIV,	»	de B à V̇, à R, à O,	5e	série;

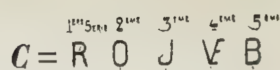
Représentant les quatre couleurs de chaque série par les symboles généraux C, C', C'', C''' nous pouvons construire un diagramme général figurant toutes ces séries (voir ci-après) et formuler la règle suivante :

Les cases du diagramme occupées par les indications des teintes données étant trouvées, on joindra par une ligne droite les centres de ces deux cases et cette ligne désignera dans les cases qu'elle rencontrera les teintes intermédiaires demandées. (Au lieu de tracer une ligne, on pourra avantageusement placer une règle de verre sur le diagramme.)

Voici *un autre procédé.* Les teintes cherchées et trouvées dans leurs tableaux respectifs, on compte le nombre D de diagonales verticales qui se trouvent entre celles qui renferment les deux teintes données, puis le nombre N des diagonales horizontales qui séparent les deux teintes données, ce dernier nombre N diminué de celui des cases vides ou communes qui pourraient se trouver sur le trajet direct entre les teintes données, donne le nombre n des teintes intermédiaires demandées.

DIAGRAMME GÉNÉRAL

DES CINQ SÉRIES
DE TROIS TABLEAUX
CONSÉCUTIFS



XIV XV XVI XVII XVIII



XV XVI XVII XVIII XIX



XVI XVII XVIII XIX XIV

C''' = V̶ B V R O

Si D = 1 ou 2, les *n* teintes intermédiaires sont sur la ou les diagonales (verticales) intermédiaires, au choix. Si D = 3 ou 4, on prendra les *n* teintes intermédiaires *par moitié* sur la 1[re] et la 3[e] diagonale ou sur la 2[e] et la 4[e]. Si D = 5 ou 6, les *n* teintes demandées sont *par tiers* soit sur les diagonales intermédiaires paires soit sur les impaires. Si D = 7 ou 8, les *n* teintes cherchées se trouveraient *par quart* sur les mêmes diagonales soit paires soit impaires. Enfin si D = 9 ou 10 (son maximum) les *n* teintes voulues sont *par cinquième* sur les diagonales de nombre pair ou de nombre impair.

Quand nous parlons de la moitié, du tiers, du quart, du cinquième de *n* nous ne supposons pas que *n* puisse toujours être ainsi divisible, mais nous indiquons une valeur dont il faut s'approcher ; si *n* était plus petit que D, on devrait renverser la répartition.

Soient les teintes différentes de ton et de nuance R_3 et OJ_1 qu'il s'agit d'harmoniser. Elles font partie des tableaux XIV et XV ou de la première série du paradigme général R, O, J, $V\!E$. Les teintes R_3 et OJ_1 deviennent respectivement C_3 et $C'C''_1$; une ligne droite allant de C_3 à $C'C''_1$, rencontre successivement $C_3C'_1$, $C_2C'_2$, $C_2C'_3$, $C_2C'_4$, $C_1C'_5$ et C' qui traduites donneront R_3O_1, R_2O_2, R_2O_3, R_2O_4, R_1O_5 et O comme intermédiaires entre R_3 et OJ_1.

Soient encore $B_2\dot{V}_1$ et $R_2\dot{V}_3$ appartenant aux tableaux XVIII et XIX, ou à la cinquième série du paradigme général, on trouvera en opérant comme ci-dessus les intermédiaires suivantes : $B_1\dot{V}_2$, $B_1\dot{V}_3$, $\dot{V}_4$, $R_1\dot{V}_4$.

$B_1V\!E_1$ et $R_5\dot{V}_4$ appartenant aux tableaux XVII et XIX, ou à la quatrième série du paradigme, auront les intermédiaires nombreuses que voici : $B_2V\!E$, B_3, B_4, $B_4\dot{V}_1$, $B_3\dot{V}_2$, $B_3\dot{V}_3$, $B_2\dot{V}_4$, $B_2\dot{V}_5$, $B_1\dot{V}$, $\dot{V}R_1$, $\dot{V}R_2$, $\dot{V}_5R_3$, $\dot{V}_4R_4$.

115. Solution du même problème à l'aide des seules notations chromatiques. — Nous considérons successivement trois cas qui embrassent tous les autres.

Premier cas. — *Les deux teintes sont de même nuance.* On le reconnait à première vue dans les formules des teintes données à ce double caractère : Les symboles sont les mêmes et la différence des indices des couleurs composantes est la

même dans chacune des teintes et dans le même sens. Telles sont les teintes $C_2C'_1$ et $C_5C'_4$ car la différence des indices est 1 de part et d'autre et toujours de C à C'; de même en C_3 et $C_5C'_2$.

Le nombre des intermédiaires adéquates (111) entre deux teintes de même nuance est donné par la différence moins 1 des indices d'une même couleur d'une teinte à l'autre ; la formule de chacune de ces intermédiaires est donnée par les symboles des teintes proposées et l'addition successive d'une unité aux deux indices de la teinte dont le ton est le plus faible.

Exemple : entre $C_2C'_1$ et $C_5C'_4$ il y a 3 — 1 ou 2 intermédiaires adéquates qui sont $C_3C'_2$ et $C_4C'_3$.

On obtiendra un nombre beaucoup plus grand d'intermédiaires collatérales en ne faisant porter l'augmentation d'une unité que sur un seul des indices.

Les deux teintes données et leurs intermédiaires adéquates étant sur une même ligne, on aura au-dessus et au-dessous les intermédiaires collatérales

	$C_2C'_2$		$C_3C'_3$		$C_4C'_4$	
$\underline{C_2C'_1}$		$C_3C'_2$		$C_4C'_3$		$\underline{C_5C'_4}$
	$C_3C'_1$		$C_4C'_2$		$C_5C'_3$	

On peut le remarquer, le nombre des intermédiaires collatérales est le double ou le double plus deux du nombre des intermédiaires adéquates suivant que ce dernier est impair ou pair.

116. Second cas. — *Les deux teintes sont de même ton.* On reconnaît cette égalité de ton à ce que la somme des indices est la même dans les formules des deux teintes. Par exemple : C_4 et $C_1C'_3$.

Les teintes données pouvant appartenir à des familles différentes plus ou moins distantes, il faut avoir présent à l'esprit l'ordre de leur succession et de leurs alliances :

$$R,\ R_3O_3,\ O,\ O_3J_3,\ J,\ J_3VE_3,\ VE,\ VE_3B_3,\ B,\ B_3\dot{V}_3,\ \dot{V},\ \dot{V}_3R_3,\ R.$$

Le ton restant le même en toutes ces nuances et toute couleur unilittérale tuilant sur ses deux voisines, la quantité de chaque couleur et par suite l'indice de

son symbole va croissant dans la dérivée qui la précède et décroissant dans la dérivée qui la suit ; *quand une teinte est unilittérale, son indice atteint sa valeur maximum* 6 (1) dans les *tons francs* et est égal à la valeur même du ton dans les *tons lavés*. Ces notions rappelées nous pouvons poser la règle suivante : On trouvera les nuances intermédiaires adéquates (111) entre les teintes données, en retranchant successivement, en l'une d'elles, une unité à l'indice du symbole représentant la couleur la plus distante de l'autre teinte, et en reportant cette unité à l'indice de l'autre lettre ; ce dernier après avoir passé par sa valeur maximum devra décroître à son tour, tandis que l'indice d'une nouvelle lettre ou couleur croîtra dans la même mesure. On continuera ainsi jusqu'à ce qu'on rencontre l'autre teinte. Il est clair que si les deux teintes appartiennent à la même famille de nuances la rencontre aura lieu sans substitution de lettres ou symboles ni alternative de croissance et de décroissance dans l'indice de même lettre.

Dans les *tons rabattus*, appartenant à des familles différentes, on n'arrive pas à une teinte unilittérale. La substitution a lieu pour un symbole quand l'indice de l'autre atteint son maximum 6. Le nouveau symbole prend l'indice du symbole partant, tandis que le symbole restant garde encore 6 son indice maximum.

En appliquant cette règle on trouvera comme intermédiaires adéquates entre O_4 et R_3O_1, les teintes suivantes :

$$O_3R_1, \quad O_2R_2;$$

entre les tons lavés R_4O_1 et J_3O_2 :

$$R_3O_2, \quad R_2O_3, \quad R_1O_4, \quad O_5, \quad J_1O_4, \quad J_2O_3;$$

entre les tons rabattus R_5O_4 et J_4O_5 :

$$R_4O_5, \quad R_3O, \quad J_3O;$$

entre les tons lavés R_2O_3 et J_4VE_1 :

$$R_1O_4, \quad O_5, \quad O_4J_1, \quad O_3J_2, \quad O_2J_3, \quad O_1J_4, \quad J_5;$$

entre les tons rabattus R_5O_4 et J_3VE :

$$R_4O_5, \quad R_3O, \quad OJ_3, \quad O_5J_4, \quad O_4J_5, \quad O_3J, \quad J\,VE_3, \quad J_5VE_4, \quad J_4VE_5.$$

(1) Rappelons que les indices représentant des sixièmes d'équivalent, l'indice 6 représente l'équivalent entier ; il n'a donc pas besoin de s'adjoindre au symbole de l'équivalent.

On pourrait obtenir un nombre au moins double de teintes intermédiaires collatérales en faisant porter la variation d'une unité sur un seul des indices de la série adéquate. Appliquons ce procédé au premier des exemples donnés ci-dessus, on trouvera comme intermédiaires entre O_4 et R_3O_1 :

	O_4R_1		O_3R_2		O_2R_3	
$\underline{O_4}$		O_3R_1		O_2R_2		$\underline{O_1R_3}$
	O_3		O_2R_1		O_1R_2	

117. Troisième et dernier cas. — *Les teintes données diffèrent à la fois de ton et de nuance.* On reconnaît cette double divergence à ce que dans les teintes données ni les symboles ni les sommes des indices ne sont les mêmes.

Pour qu'il y ait harmonisation de ces deux teintes par des teintes intermédiaires, il faut nécessairement que celles-ci constituent une transition graduée entre celles-là. Il devra donc y avoir *gradation de ton* du plus faible au plus fort; la somme des indices suivra une marche ascendante. Il y aura également *gradation de nuance* de l'une des teintes données à l'autre et la variation des indices devra avoir lieu dans un sens opposé pour les deux composantes de chaque teinte; de plus, les intermédiaires ne pouvant être adéquates (111) la variation pourra ne porter en chaque teinte intermédiaire que sur un des indices alternativement.

Ces conditions rappelées nous proposons la solution suivante : On prendra des teintes moyennes de plus en plus rapprochées ; d'abord la teinte moyenne entre les deux teintes données, puis les teintes moyennes entre celles-ci et la première moyenne obtenue et ainsi de suite autant qu'il sera utile; on aura de cette manière successivement 1, 3, 7, etc., teintes intermédiaires entre les teintes données. Voyons comment on pourra obtenir ces teintes moyennes. D'abord une teinte pour être vraiment moyenne entre deux autres doit l'être sous le rapport du ton et de la nuance, qui doivent être un ton moyen et une nuance moyenne.

Le *ton moyen* s'obtiendra toujours en prenant la moyenne des tons des teintes données; ainsi le ton moyen des deux teintes C_4 et $C_2C'_2$ sera 4, parce que $\frac{4+(2+2)}{2}=4$. Celui de $C_2C'_1$ et $C'_5C''_4$ sera 6, parce que $\frac{(2+1)+(5+4)}{2}=6$.

La *nuance moyenne* dépend à la fois des symboles qui la figurent et du partage que les indices se font de la valeur du ton ; dès lors la nuance moyenne sera

déterminée par le choix convenable des symboles et des indices. Ce choix variera selon que les teintes données font partie d'une même famille, ou de deux familles consécutives, ou de deux familles séparées par une troisième.

Si les deux teintes données appartiennent à une même famille, c'est-à-dire, ont leurs formules composées de deux symboles qui se suivent immédiatement dans la série chromatique **R , O , J , VE , B , V̇ , R** : la moyenne de ces teintes aura pour *symboles* ceux de cette famille, ainsi la moyenne des teintes C_4 et $C_2C'_2$ aura CC' pour symboles : et *l'indice* de chaque lettre sera la moyenne des indices de cette même lettre dans les deux teintes; ainsi C aura pour indice $\frac{4+2}{2} = 3$ et C', $\frac{2}{2} = 1$. La teinte moyenne entre C_4 et $C_2C'_2$ est donc $C_3C'_1$ dont le ton est bien le ton moyen trouvé plus haut. De même entre $C_1C'_1$ et C_4C' la teinte moyenne est $C_{2i}C'_{3i}$, ou, en supprimant les lettres, soit $C_2C'_4$, soit $C_3C'_3$.

Si les deux teintes données appartiennent à deux familles consécutives CC' et C' C''. La teinte moyenne aura pour *symboles* d'abord la lettre C' commune aux deux familles CC' et $C'C''$, puis la lettre C ou C'' particulière à la teinte dans laquelle l'indice de cette même lettre possède relativement à l'indice de la lettre commune C', le plus grand excès ou le plus petit déficit. Si la différence des indices était la même dans les deux teintes, la lettre commune C' serait seule dans la formule de la teinte moyenne. Soient les teintes données CC'_2 et $C'_3C''_4$. L'indice de C l'emporte, car $6-2 > 4-3$, donc les symboles de la teinte moyenne seront CC'. Il en sera de même pour les teintes $C_5C'_3$ et $C'C''_3$. Avec C'_3 et $C'_2C''_5$ le symbole unique de la teinte moyenne sera C'.

Quant aux *indices* de chacun des symboles de la teinte moyenne, on les obtiendra en divisant le ton moyen en parties proportionnelles aux différences des deux indices en chacune des teintes données, la plus petite partie devant affecter la lettre particulière, et la plus grande la lettre commune.

Soient les teintes $C_2C'_1$ et $C'_4C''_1$. Le symbole de la teinte moyenne est CC', le ton moyen $\frac{(2+1)+(4+1)}{2} = 4$; la différence des indices est 1 dans la teinte $C_2C'_1$, 3 dans la teinte $C'_4C''_1$; il suffit donc de partager 4 comme 1 est à 3 et nous avons $C_1C'_3$ pour teinte moyenne cherchée.

Les teintes $C_2C'_1$ et $C'C''_2$ ont pour symbole moyen CC', pour ton moyen 5 ou 6 à diviser proportionnellement à 1 et 4; donc la teinte moyenne est $C_1C'_4$.

Les teintes CC'_2 et $C'_3C''_4$ ont pour symbole moyen CC', pour ton moyen 7 ou 8 à diviser en parties proportionnelles à 1 et à 4, d'où la teinte moyenne est $C_2C'_5$.

Enfin, *quand les deux teintes données appartiennent à deux familles CC' et $C''C'''$ séparées par une troisième $C'C''$* (ce qui est le maximum d'éloignement pour les deux teintes) alors, la teinte moyenne a les symboles $C'C''$ de la famille intermédiaire. On obtiendra les indices, comme dans le cas précédent, en divisant le ton moyen en parties proportionnelles aux différences des deux indices en chacune des teintes données. Soient CC'_4 et C'''_5, la teinte moyenne est $C'_4C''_3$.

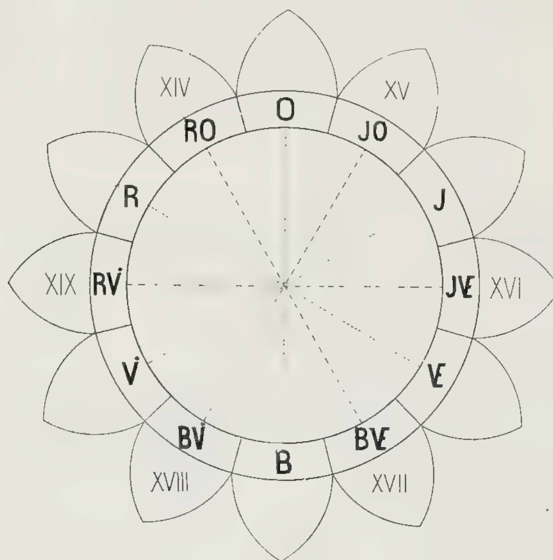
PROBLÈME IV

DÉTERMINATION DE LA TEINTE COMPLÉMENTAIRE D'UNE COULEUR DONNÉE QUELCONQUE.

118 **Importance et position de la question.** — La connaissance des couleurs complémentaires est d'une grande importance aux artistes et à tous ceux qui s'occupent d'arts décoratifs (34-44). On l'a vu (109), la décision dans la variété et par suite la puissance du charme d'une décoration dépend beaucoup d'un heureux emploi des couleurs complémentaires. Il ne s'agit pas ici de leur détermination expérimentale qui regarde surtout les physiciens et dont nous avons indiqué plus haut un procédé (36) ; nous nous proposons de résoudre le problème à l'aide des ressources offertes par ce répertoire. Nous y avons une double solution, l'une fournie par nos tableaux, l'autre déduite des notations chromatiques.

119. **Solution donnée par les tableaux typiques.** — Deux couleurs complémentaires se trouvent toujours dans le cercle chromatique aux extrémités d'un même diamètre (32). Il suffit donc de déterminer à l'aide des tableaux la place de la couleur donnée et de la couleur diamétralement opposée sur le cercle chromatique, pour avoir la complémentaire demandée. Supposons d'abord que la couleur

donnée soit une *couleur franche* et l'une des douze couleurs principales **R**, **RO**, **O**, **JO**, **J**, **JVE**, **VE**, **BVE**, **B**, **BV̇**, **V̇**, **RV̇**, elle figure sur la *rose synoptique*, pl. I ; on y voit immédiatement sa complémentaire à l'autre extrémité du diamètre qu'occupe la couleur donnée. On constate ainsi que **R** et **VE**, **RO** et **BVE**, **O** et **B**, **JO** et **BV̇**, **J** et **V̇**, **JVE** et **RV̇** sont complémentaires.



Si la couleur donnée n'est pas du nombre des douze couleurs composant la rose synoptique et n'en est qu'une dérivée, on la trouvera dans le tableau de sa famille (3me section de l'atlas).

La grande diagonale de ces tableaux contient une série de teintes franches formant une portion du cercle chromatique (83) ; de plus, d'un tableau à l'autre ces diagonales verticales se suivent et continuent la série circulaire ; il en résulte que les six tableaux de cette troisième section sont eux-mêmes diamétra-

lement opposés et complémentaires l'un de l'autre comme la couleur dont ils donnent les gammes :

Le tableau	XIV,	RO	est complémentaire du tableau	XVII,	BVE.
»	XV,	JO	» »	XVIII,	BV̇.
»	XVI,	JVE	» »	XIX,	RV̇.

Conséquemment la couleur donnée étant trouvée dans le tableau de sa famille à un rang quelconque de la grande diagonale ascendante, on se reportera au tableau complémentaire et l'on verra la couleur complémentaire demandée sur la diagonale ascendante principale et au même rang que la couleur donnée sur son tableau respectif.

Soit la couleur J_3VE_3 dont on demande la couleur complémentaire ; je recours au tableau XVI qui contient les gammes de JVE, je trouve la couleur J_3VE_3 au milieu de la diagonale ascendante principale ; me reportant au tableau XIX complémentaire du XVI, je vois $R_3\dot{V}_3$ la couleur complémentaire cherchée également au milieu de la grande diagonale ascendante.

120. Solution déduite des notations chromatiques. — Toute couleur primitive a pour complémentaire la dérivée des deux autres (32), par suite, R a pour complémentaire VE ; celle de B est O et celle de J est V̇. De plus, grâce à notre système de dérivation des couleurs et de notations chromatiques, toute couleur représentée par un symbole bilittéral a pour complémentaire une couleur figurée elle-même par deux lettres : RO a pour complémentaire BVE ; JO, BV̇ ; JVE, RV̇ ; et chacune des lettres des deux symboles représente, d'un symbole à l'autre, des couleurs complémentaires. Ainsi dans RO et BVE, R et VE sont complémentaires, comme O et B.

Dès lors, quelle que soit la formule de la couleur donnée, en posant en face de cette formule R pour VE, B pour O, J pour V̇ et réciproquement, j'aurai de suite le symbole de la complémentaire demandée, au moins quant aux *lettres*. Pour ce qui est des *indices* numériques, par là même qu'ils varient suivant la même loi sur tout le parcours du cercle chromatique et que les couleurs complémentaires y sont diamétralement opposées, ils sont respectivement les mêmes d'une couleur complémentaire à l'autre ; ainsi $R_2\dot{V}_4$ a pour complémentaire VE_2J_4. Donc on

peut formuler ainsi la règle : *Pour determiner la couleur complémentaire d'une teinte de formule donnée, il suffit de substituer en cette formule* **R** *à* **V**, **J** *à* $\dot{\mathbf{V}}$, **B** *à* **O** et vice versa.

Soit un violet bleuté $\dot{V}_5B_1$ dont on demande la complémentaire. Remplaçant **B** par **O** et $\dot{\mathbf{V}}$ par **J** , je pose immédiatement J_5O_1 ; les indices restent ce qu'ils étaient et J_5O_1 est la couleur complémentaire cherchée.

121. Complémentaires des couleurs dont le ton n'est pas franc. — Nous avons supposé dans les solutions précédentes que les couleurs données étaient franches ; que faire si la teinte donnée est plus ou moins lavée, rabattue ou grisée ? Il n'y a pas lieu de modifier le procédé, car la couleur complémentaire dépend de la nuance et non du ton ; on peut même formuler ce principe que toute couleur a autant de teintes complémentaires que sa couleur complémentaire peut avoir de tons distincts.

En effet, la caractéristique de deux couleurs complémentaires est la propriété qu'elles ont de s'éteindre par leur mélange dans le noir ou plus habituellement le gris (41) ; mais un changement de ton n'est jamais autre chose dans une couleur qu'une introduction de noir, de blanc ou de gris, donc le changement de ton ne doit pas amener un changement de complémentaire et l'on devra procéder pour les teintes lavées, rabattues ou grisées comme pour les teintes franches.

Remarquons-le cependant, deux couleurs complémentaires ne s'éteignent par leur mélange que dans la proportion où elles s'équilibrent (14). Lors donc que l'intensité chromatique d'une couleur est diminuée par un lavage, cette couleur ne saurait plus éteindre autant de couleur complémentaire qu'elle pouvait le faire avant d'être lavée, et si l'on ne tient pas compte de cette dilution, la teinte complémentaire restera plus ou moins visible dans la résultante. C'est ce que l'expérience met en évidence en recourant au disque tournant dont nous avons déjà parlé (36); le gris obtenu par la rotation du disque, dont la surface est partagée par deux teintes complémentaires, est d'autant plus exempt de toute couleur proprement dite que l'équivalence des deux teintes est plus parfaitement atteinte par l'étendue particulière donnée à la surface occupée par chacune d'elles.

PROBLÈME V

REPRODUCTION D'UNE TEINTE DONNÉE QUELCONQUE

122. Conditions du problème. — Il s'agit de reproduire une teinte quelconque, n'eût-on à sa disposition que les trois couleurs primitives avec du blanc et du noir. Nous supposons *la teinte figurée en notations chromatiques;* dans le cas où elle serait donnée en nature, on commencerait par déterminer sa formule comme dans le premier problème.

123. Solution du problème. — Si la formule contient des couleurs dérivées, on les exprimera en fonction des couleurs primitives (17); prenant alors et mêlant ensemble les quantités de couleurs primitives ou de couleurs auxiliaires indiquées par la formule, on obtiendra la reproduction de la teinte en question.

Quand cette teinte est rabattue ou grisée, au lieu d'introduire du noir dans le mélange, on peut l'y faire naître par la rencontre des complémentaires (42). Pour y arriver, on augmente la ou les couleurs proprement dites d'une quantité égale à la moitié du rabat exigé et l'on y ajoute une égale quantité de la ou des couleurs complémentaires.

Par exemple, soit J_4V_2 la teinte donnée; $V_2 = J_1 + B_1$, cette valeur substituée dans la formule la transforme en J_5B_1; il suffira donc de mélanger une partie de bleu à cinq parties de jaune pour avoir la teinte voulue.

Soit encore la teinte R_4N_2 à reproduire; la moitié de N_2 est N_1, la complémentaire de R est V, je n'aurai donc qu'à mélanger $R_4 + R_1 + V_1$, pour reproduire la teinte proposée sans adjonction de noir.

124. Remarques. — Nous avons résolu le problème avec les seules couleurs primitives et les couleurs auxiliaires. Il est clair que l'on pourrait se servir de couleurs dérivées. Mais pour les unes comme pour les autres, il importe avant tout de formuler sous le rapport, soit de la nuance, soit du ton, les pigments dont on veut se servir, afin de ne les employer que selon les exigences du problème.

Si la teinte est donnée en *formule* contenant plus de six sixièmes de couleur, il faudra ramener cette formule au *type des équivalents*, c'est-à-dire, à ne renfermer que six sixièmes. Voici comment on procède : s'il y a du noir explicitement figuré, il suffit de réduire les éléments de la formule proportionnellement à leurs indices ; R_3N_5, par exemple, contient deux sixièmes de trop ; ces deux sixièmes prélevés sur R et N, proportionnellement à leurs indices 3 et 5, il restera $R_{2e}N_{3o}$, formule conforme au type des équivalents. Si le noir n'est pas explicitement représenté, mais résulte de l'excès de couleur, cet excès étant partagé proportionnellement aux indices des composantes, on évalue le rabat qui provient de chacune des parties, on augmente d'autant la somme à retrancher des éléments donnés et l'on fait figurer le rabat dans la formule. Soit $R_3\dot{V}$ la teinte donnée, cette formule contient trois sixièmes de couleur en excès, ils sont à prélever sur R et $\dot{V}$ proportionnellement à leurs indices 3 et 6 ; c'est un sixième d'excès en R et deux sixièmes en $\dot{V}$ produisant un rabat d'environ un sixième de N (20) qui ajouté aux trois autres en excès, fait quatre sixièmes à retrancher de R et de $\dot{V}$. Il reste $R_2\dot{V}_3$ et finalement $R_2\dot{V}_3N_1$ pour la formule cherchée.

Si les équivalents des couleurs à notre disposition ne sont pas déterminés, on se contentera d'estimer au jugé leur équivalence, et cette estimation malgré ses incertitudes permettra d'atteindre une approximation souvent suffisante (1).

(1) Depuis que cet ouvrage est sous presse, un de mes amis et collaborateurs m'a suggéré, au sujet de la détermination des équivalents chromatiques, le procédé suivant pour les trois couleurs fondamentales :

« Supposant ces pigments, dont je veux fixer l'équivalent, dans les mêmes conditions et leur quantité très exactement mesurable en volume, je prends une certaine quantité R de rouge, j'y mêle une égale quan-

tité J de jaune ; j'y ajoute la quantité B de bleu nécessaire pour produire l'extinction sans prédominance d'aucune couleur ; je puis poser l'équivalence $R + J = B$.

Ensuite à la même quantité R de rouge, je mêle une quantité égale, B', de bleu ; j'y ajoute la quantité J' de jaune nécessaire pour l'extinction chromatique aussi parfaite que possible ; j'ai $R + B' = J'$.

En faisant la différence de ces deux équations, j'obtiens $J - B' = B - J'$, ou $J + J' = B + B'$,

ou en d'autres termes : $$\frac{\text{équivalent jaune}}{\text{équivalent bleu}} = \frac{J + J'}{B + B'}$$

Mélangeant ces deux quantités équivalentes, $J + J'$ de jaune et $B + B'$ de bleu, j'y ajoute la quantité R' de rouge strictement nécessaire pour amener l'extinction, j'ai dès lors

$$\frac{\text{équivalent rouge}}{R'} = \frac{\text{équivalent bleu}}{B + B'} = \frac{\text{équivalent jaune}}{J + J'}.$$

Ces trois quantités R', $B + B'$ et $J + J'$ sont les équivalents cherchés. „

Ed. Villaume, S. J.

———

PROBLÈME VI

DÉTERMINATION DU RÉSULTAT QUE DONNERA LE MÉLANGE D'UN NOMBRE QUELCONQUE DE COULEURS

125. Conditions du problème. — Nous excluons l'hypothèse de réactions chimiques entre les éléments mis en présence (47) ; de plus, nous supposons que *les couleurs données sont formulées et ramenées au type des équivalents ;* nous avons vu dans le problème précédent comment, au besoin, on y pourvoirait. Si les équivalents des couleurs en présence ne sont pas déterminés, on pourra se contenter d'estimer au jugé leur valeur et leur nombre, et cette estimation permettra le plus souvent d'arriver avec une approximation suffisante à l'évaluation du résultat. Si l'on veut déterminer ces équivalents, voir la note à la fin du problème ci-dessus.

Nous supposons encore que *les couleurs dérivées*, qui pourraient être parmi les données, *sont, de fait, dues au mélange de deux autres couleurs*, autrement nous ne serions plus dans le cas d'appliquer le théorème des mélanges (47). On pourrait cependant donner encore une solution au problème, en considérant comme indécomposables les couleurs qui ne seraient pas dues à un mélange ; sauf

le cas d'extinction par leurs complémentaires, elles se retrouveraient telles quelles dans le résultat.

Enfin, *toutes les couleurs données sont mêlées aussi parfaitement que possible.* La solution offerte se vérifiera d'autant mieux par l'expérience que, le mélange étant plus intime, on évitera davantage la fusion purement optique des couleurs (46. 49).

126. Aperçu d'une solution. — Qu'on donne à un chimiste des substances quelconques à faire réagir les unes sur les autres ; s'il sait les réactions auxquelles donnent lieu ces substances, les notations chimiques lui permettront d'indiquer à l'avance le résultat. Nous sommes dans des circonstances analogues. Nous savons les lois qui président à la dérivation des couleurs (48. 50), à leur extinction dans le noir (40. 52) ; nous sommes d'ailleurs en possession de notations chromatiques pour représenter qualitativement et quantitativement ces réactions, nous avons donc toute facilité pour résoudre le problème. Nous pouvons poser une équation entre le résultat inconnu x du mélange et ses données, puis résoudre cette équation.

Soient par exemple à mélanger les variétés et quantités de couleurs suivantes : $14\,\mathsf{VE}$, $6\,\mathsf{R}$, $4\,\dot{\mathsf{V}}$, c'est-à-dire 24 équivalents de couleur, je poserai :

$$24x = 14\,\mathsf{VE} + 6\,\mathsf{R} + 4\,\dot{\mathsf{V}}$$

Je reconnais immédiatement que VE et R sont couleurs complémentaires et vont donner lieu à une extinction. Je la représente :

$$6\,\mathsf{VE} + 6\,\mathsf{R} = 12\,\mathsf{N}$$

En exprimant le violet $\dot{\mathsf{V}}$ en fonction de ses primitives, je vais pouvoir amener encore la rencontre des mêmes complémentaires VE et R ; en effet :

$$4\,\dot{\mathsf{V}} = 2\,\mathsf{R} + 2\,\mathsf{B}, \text{ et } 2\,\mathsf{R} + 2\,\mathsf{VE} = 4\,\mathsf{N}$$

Substituons ces valeurs dans l'équation ci-dessus :

$$24x = 12\,\mathsf{N} + 4\,\mathsf{N} + 6\,\mathsf{VE} + 2\,\mathsf{B}$$

Les deux tiers de la couleur $\left(\frac{16}{24}\right)$ sont éteints en $16\mathsf{N}$, et le résultat du mélange est un noir teinté de vert bleuté :

$$x = \frac{16}{24}\mathsf{N} + \frac{6}{24}\mathsf{VE} + \frac{2}{24}\mathsf{B} = \mathsf{VE}_{1i}\mathsf{B}_i\mathsf{N}_4$$

127. Insuffisance de la précédente solution. — Nous aurions pu procéder autrement dans l'extinction des couleurs données ; produire d'abord celle du violet au lieu d'effectuer celle du vert.

Nous avions :

$$24x = 14\mathsf{VE} + 6\mathsf{R} + 4\dot{\mathsf{V}}$$

Or $14\mathsf{VE} = 7\mathsf{J} + 7\mathsf{B}$; $3\mathsf{J} + 3\mathsf{R} = 6\mathsf{O}$; $6\mathsf{O} + 6\mathsf{B} = 12\mathsf{N}$

Il reste : $24x = 12\mathsf{N} + 4\mathsf{J} + 3\mathsf{R} + \mathsf{B} + 4\dot{\mathsf{V}}$

mais $4\mathsf{J} + 4\dot{\mathsf{V}} = 8\mathsf{N}$ et $\mathsf{R} + \mathsf{B} = 2\dot{\mathsf{V}}$

donc $24x = 20\mathsf{N} + 2\mathsf{R} + 2\dot{\mathsf{V}}$

d'où $x = \frac{20}{24}\mathsf{N} + \frac{2}{24}\mathsf{R} + \frac{2}{24}\dot{\mathsf{V}} = \mathsf{R}_i\dot{\mathsf{V}}_i\mathsf{N}_5$

Ce résultat est bien différent du précédent : non seulement le résidu chromatique est violet au lieu d'être vert, mais de plus l'extinction est de 20 équivalents au lieu de 16. Le premier résultat était faux, car c'est toujours l'extinction maximum que donne le mélange (51).

Sommes-nous sûrs d'avoir actuellement l'extinction maximum des couleurs données ? Essayons encore des groupements différents dans les mêmes données :

$$24x = 14\mathsf{VE} + 6\mathsf{R} + 4\dot{\mathsf{V}}$$

Éteignons d'abord $4\mathsf{VE}$ dans $4\mathsf{R}$:

$$4\mathsf{VE} + 4\mathsf{R} = 8\mathsf{N}$$

Décomposons les $10\,\mathsf{VE}$ restant, ainsi que les $4\,\dot{\mathsf{V}}$:

$$10\,\mathsf{VE} = 5\mathsf{J} + 5\mathsf{B} \quad \text{et} \quad 4\dot{\mathsf{V}} = 2\mathsf{B} + 2\mathsf{R}$$

Mais $$3\mathsf{R} + 3\mathsf{J} = 6\mathsf{O} \quad \text{et} \quad 6\mathsf{O} + 6\mathsf{B} = 12\mathsf{N}$$

Il ne reste plus en dehors du noir que R, $2\mathsf{J}$, B. Or

$$\mathsf{R} + \mathsf{B} = 2\dot{\mathsf{V}} \quad \text{et} \quad 2\dot{\mathsf{V}} + 2\mathsf{J} = 4\mathsf{N}$$

Donc $$24x = 8\mathsf{N} + 12\mathsf{N} + 4\mathsf{N} = 24\mathsf{N}$$

$$x = \mathsf{N}$$

L'extinction est totale par ce procédé et puisque les mélanges produisent toujours l'extinction maximum, il en résulte que cette dernière solution est la seule vraie et que les deux autres étaient fausses.

Comment être jamais sûr que l'on a atteint l'*extinction maximum?* Il faut déterminer les *conditions de cette extinction.* Les mathématiques nous permettent d'y arriver ; je me borne à les formuler ici dans le texte, on trouvera dans une note (1) l'exposé du calcul qui conduit à ces formules.

(1) *Recherche des conditions d'extinction maximum dans la rencontre des trois couleurs primitives.* Deux couleurs complémentaires s'éteignent équivalent à équivalent (40. 52) ; or, si l'une d'elles est une des couleurs primitives, l'autre est la dérivée des deux autres primitives, et ces dernières entrent chacune pour moitié dans son équivalent. Il en résulte que les trois couleurs primitives s'éteindront mutuellement toutes les fois que deux d'entre elles seront chacune en quantité égale à la moitié de la troisième. Tel est notre point de départ dans la recherche des conditions d'extinction des trois primitives quels que soient leurs coefficients.

Soient $a \leqslant b \leqslant c$ les coefficients respectifs des trois couleurs primitives données, rangés par ordre de grandeur. Si l'on a extinction totale toutes les fois que $a = b$ et $a + b = c$, nous aurons encore extinction totale toutes les fois que les coefficients a, b, c, seront décomposables en groupes partiels dont les éléments auront la *relation fondamentale* $a = b$, $a + b = c$, c'est-à-dire en groupes de la forme α, α, 2α ; β, β, 2β, etc., car chacun de ces groupes s'éteignant totalement, il doit en être nécessairement de même de leur somme.

Cherchons donc le nombre de ces groupes partiels et les relations qui peuvent exister entre ces groupes et les coefficients donnés.

Dans chacun de ces groupes partiels, le coefficient double 2α, 2β etc., doit nécessairement appartenir à une couleur différente, car s'il appartenait à une même couleur en plusieurs groupes, la somme de

128. Bases de la vraie solution : Conditions d'extinction maximum dans un mélange de couleurs. — Les couleurs sont ramenées aux trois primitives et rangées de manière à ce que leurs coefficients a, b, c, aillent en augmentant, c'est-à-dire que l'on ait $a \leqslant b \leqslant c$; il y aura *extinction totale* toutes les fois que l'on aura $3a \geqslant b + c$.

Toutes les fois que $3a < b + c$, l'extinction n'est pas totale, il y a un excédent chromatique E, donné par la relation $E = b + c - 3a = 4a$.

ces derniers, obéissant à la relation fondamentale, n'avait pas besoin d'être décomposée ; or il n'y a que trois couleurs primitives, donc il n'y aura jamais lieu de décomposer les coefficients donnés en plus de trois groupes partiels et ces trois groupes seront de la forme α, α, 2α ; β, β, 2β ; γ, γ, 2γ, c'est-à-dire que l'on aura au plus

Coefficients donnés.		1ers groupe de coeff. partiels.		2e groupe.		3e groupe.	
a	$=$	2α	$+$	β	$+$	γ	(1)
b	$=$	α	$+$	2β	$+$	γ	(2)
c	$=$	α	$+$	β	$+$	2γ	(3)

Ces relations étant absolument générales doivent nous donner les conditions cherchées.

Additionnons (2) et (3) :

$$b + c = 2\alpha + 3\beta + 3\gamma$$

Retranchons cette somme du triple de l'équation (1) ; nous avons :

$$3a - (b + c) = 6\alpha + 3\beta + 3\gamma - (2\alpha + 3\beta + 3\gamma)$$

ou $$3a - (b + c) = 4\alpha \quad (4)$$

Nous aurons de même $$3b - (a + c) = 4\beta \quad (5)$$

et encore $$3c - (a + b) = 4\gamma \quad (6)$$

Ces relations nous montrent que la condition nécessaire et suffisante pour l'extinction totale, c'est que le triple de chaque coefficient donné soit supérieur ou égal à la somme des deux autres ; et que si a est le coefficient le plus petit, il suffit que l'on ait $3a \geqslant b + c$ pour que l'extinction soit totale.

Cette condition est absolument générale ; elle comprend tous les cas possibles d'extinction totale. Si $3a > b + c$ il y aura trois groupes partiels ; si $3a = b + c$ il n'y a que deux groupes partiels ; si enfin $3a = b + c$ en même temps que $a = b$, alors nous sommes dans le cas de la relation fondamentale.

Puisqu'il faut $3a \geqslant b + c$ pour qu'il y ait extinction totale, il y aura un excédent chromatique E, toutes les fois que $3a < b + c$, et cet excédent sera $E = b + c - 3a$, car $3a$ est la valeur maximum de $b + c$ donnant l'extinction totale. D'autre part, cet excédent ne saurait être pris ni sur les trois

Cet excédent est pris sur les couleurs dont b et c sont les coefficients et proportionnellement à l'excès de b sur a et de c sur a. Représentant par b_e et c_e les portions de E prises sur b et sur c, nous aurons leurs valeurs par les relations suivantes :

$$b_e = \frac{E\,(b-a)}{b+c-2a}, \qquad c_e = \frac{E\,(c-a)}{b+c-2a}.$$

Quand l'extinction n'est pas totale, la quantité de noir fournie par *le maximum d'extinction* est donnée par la relation $\mathbf{N}_m = a + b + c - E = 4a$; et les coefficients donnant cette extinction sont a, $b - b_e$, $c - c_e$.

Nous pouvons maintenant donner un procédé général de solution du problème.

couleurs ni sur celle qui a le plus petit coefficient a, car alors l'extinction ne serait pas maximum. Il doit être pris sur les couleurs dont b et c sont les coefficients et proportionnellement à l'excès de b et de c sur a.

Si donc nous représentons par b_e, c_e, les portions de E prises sur b et c, nous écrirons :

$$\frac{b_e}{b-a} = \frac{c_e}{c-a} = \frac{b_e + c_e}{b+c-2a}$$

et puisque $E = b_e + c_e$, nous aurons pour excédents chromatiques :

$$b_e = \frac{E\,(b-a)}{b+c-2a}, \text{ et } c_e = \frac{E\,(c-a)}{b+c-2a}.$$

Le maximum d'extinction $\mathbf{N}_m$ est donné par la relation

$$\mathbf{N}_m = a + b + c - E$$

Or, nous avons vu plus haut que $E = b + c - 3a$. On aura donc :

$$\mathbf{N}_m = a + b + c - (b + c - 3a) = 4a$$

et les coefficients donnant cette extinction maximum sont a, $b - b_e$, $c - c_e$.

Que l'extinction soit totale ou non, les coefficients a, b, c ou a, $b - b_e$, $c - c_e$ obéissent à la relation

129. Règle à suivre pour la solution du problème du mélange des couleurs. — Cette règle comprend quatre points : 1° *On pose l'équation* en donnant à l'"inconnue x représentant le résultat cherché, un coefficient égal au nombre d'équivalents de couleurs qui entrent dans le mélange, et en formant le second membre de l'équation avec la somme algébrique des formules données. Le blanc B^c, s'il est *isolé* parmi ces couleurs, ne figure pas dans cette somme, mais doit être compté dans le coefficient de x.

2° *On ramène aux trois couleurs primitives* toutes les couleurs proprement dites faisant partie des données. Au besoin pour faciliter cette réduction en évitant les fractions, s'il y a des dérivées avec indices impairs, on multipliera tous les termes de l'équation par douze, et par six seulement si tous les indices sont pairs.

3° *On calculera l'extinction maximum et, s'il y a un excédent, on le spécifiera.* Pour y arriver, les trois couleurs étant disposées par ordre de grandeur de leurs coefficients, de sorte que l'on ait $a \leqslant b \leqslant c$, on constate si $3a \lesseqgtr b + c$.

Si $3a \geqslant b + c$ il y a extinction totale de toutes les couleurs proprement dites dans le noir.

Si $3a < b + c$ l'extinction n'est pas totale ; il y a un excédent chromatique $E = b + c - 3a$, et cet excédent chromatique se spécifiera à l'aide des formules

$$b_e = \frac{E\ (b - a)}{b + c - 2a}, \qquad c_e = \frac{E\ (c - a)}{b + c - 2a},$$

tandis que l'extinction maximum N_m sera $a + b + c - E = 4a$.

4° *On formulera le résultat du mélange.* Pour cela on isolera x dans le premier membre ; et on ramènera au besoin dans le second la somme algébrique du noir et des excédents au type de l'équivalent chromatique (124).

fondamentale $a = b$, $a + b = c$, ou sont la somme de groupes partiels qui y obéissent, et si l'on veut s'en rendre compte il suffira de se reporter aux formules (4) (5) (6) déjà établies plus haut :

$$3a - (b + c) = 4\alpha \quad (4)$$
$$3b - (a + c) = 4\beta \quad (5)$$
$$3c - (a + b) = 4\gamma \quad (6).$$

Car elles nous apprennent qu'en faisant la différence entre le triple d'un des coefficients donnés et la somme des deux autres, on obtient 4α, 4β, 4γ, c'est-à-dire deux fois le coefficient double 2α, 2β, 2γ qui dans l'un des groupes partiels (1) (2) (3) doit affecter la couleur dont a triplé le coefficient. Ce sont ces relations qui nous ont fourni les réactions détaillées d'extinctions totales données dans le n° 130.

130. Application de cette règle à des exemples. — 1° *Soient les trois couleurs primitives en égales quantités* $4\mathsf{R}$, $4\mathsf{J}$, $4\mathsf{B}$ *à mélanger, quel sera le résultat?*

Je pose : $$12x = 4\mathsf{R} + 4\mathsf{J} + 4\mathsf{B}$$

Ici $a = b = c$; $3a = 12$, $b + c = 8$, on a donc $3a > b + c$; il y a extinction totale :

$$12x = 12\mathsf{N}, \quad x = \mathsf{N}$$

Nous obtenons ainsi immédiatement et d'une façon plus complète le résultat auquel nous avions vu tendre ce mélange (52). Il est facile de représenter le détail des réactions ou les groupes partiels dont le groupe donné est la somme.

$$\begin{array}{rcrcrcrcrcr}
\mathsf{R} & + & \mathsf{J} & + & 2\mathsf{B} & = & 2\mathsf{O} & + & 2\mathsf{B} & = & 4\mathsf{N} \\
\mathsf{R} & + & 2\mathsf{J} & + & \mathsf{B} & = & 2\dot{\mathsf{V}} & + & 2\mathsf{J} & = & 4\mathsf{N} \\
\underline{2\mathsf{R}} & + & \underline{\mathsf{J}} & + & \underline{\mathsf{B}} & = & 2\mathsf{VE} & + & 2\mathsf{R} & = & \underline{4\mathsf{N}} \\
4\mathsf{R} & & 4\mathsf{J} & & 4\mathsf{B} & & & & & & 12\mathsf{N}
\end{array}$$

2° *Soient les couleurs* R, $2\mathsf{B}^c$, $\mathsf{B}_3\mathsf{VE}_3$, $\mathsf{J}_3\mathsf{O}_3$, N, *à mélanger. On demande le résultat.*

Je pose $6x$ dans le premier membre et ne ferai pas figurer $2\mathsf{B}^c$ dans le second membre, car il est *isolé* (129. 1°); je le retrouverai cependant dans le résultat :

$$6x = \mathsf{R} + \mathsf{B}_3\mathsf{VE}_3 + \mathsf{J}_3\mathsf{O}_3 + \mathsf{N}$$

ou en multipliant par 12 à cause des indices impairs (129. 2°)

ou $$72x = 12\mathsf{R} + 6\mathsf{B} + 6\mathsf{VE} + 6\mathsf{J} + 6\mathsf{O} + 12\mathsf{N}$$

or $$2\mathsf{VE} = \mathsf{B} + \mathsf{J} \quad \text{et} \quad 2\mathsf{O} = \mathsf{R} + \mathsf{J}$$

donc $$6\mathsf{VE} = 3\mathsf{B} + 3\mathsf{J} \quad \text{et} \quad 6\mathsf{O} = 3\mathsf{R} + 3\mathsf{J}$$

d'où $$72x = 15\mathsf{R} + 9\mathsf{B} + 12\mathsf{J} + 12\mathsf{N}$$

les coefficients des couleurs proprement dites rangés par ordre de grandeur sont :

$$\underset{a}{9\mathsf{B}} + \underset{b}{12\mathsf{J}} + \underset{c}{15\mathsf{R}}$$

$$\left.\begin{array}{r} 3a = 3 \times 9 = 27 \\ b + c = 12 + 15 = 27 \end{array}\right\} \text{donc } 3a = b + c,$$

c'est-à-dire que l'on a l'extinction totale des couleurs proprement dites (128).

$$9B + 12J + 15R = 36N$$

$$72x = 36N + 12N = 48N$$

d'où finalement $$x = \frac{48}{72}N = {}^4/_6\,N = N_4$$

Le résultat du mélange est un gris contenant deux tiers de noir et un tiers de blanc.

3° *Soient les couleurs* O, J_3O_3, J, J_3VE_3, *et* VE *à mélanger. Trouver le résultat de ce mélange.*

$$5x = O + J_3O_3 + J + J_3VE_3 + VE$$

$$60x = 12O + 6J + 6O + 12J + 6J + 6VE + 12VE$$

$$60x = 18O + 24J + 18VE$$

$$60x = \underset{a}{9R} + \underset{b}{9B} + \underset{c}{42J}$$

$$\left.\begin{array}{r} 3a = 3 \times 9 = 27; \\ b + c = 9 + 42 = 51; \end{array}\right\} \text{donc } 3a < b + c,$$

donc l'extinction n'est pas totale ; il y a un *excédent chromatique*

$$E = b + c - 3a = 51 - 27 = 24$$

Cet excédent ne saurait être pris même partiellement sur le coefficient b du bleu, car du moment que $b = a$, la formule $b_e = \dfrac{E\,(b - a)}{b + c - 2a} = 0$; donc E est tout

entier de la couleur dont c est le coefficient, c'est-à-dire $24\mathrm{J}$, et l'extinction maximum (129. 3°) sera :

$$\mathrm{N}_m = 4a = 4 \times 9 = 36\mathrm{N}$$

d'où

$$60x = 36\mathrm{N} + 24\mathrm{J}$$

$$x = \frac{36}{60}\mathrm{N} + \frac{24}{60}\mathrm{J} = \mathrm{J}_{2i}\mathrm{N}_{3i}$$

C'est un jaune rabattu par plus de moitié de noir. Ce résultat vient confirmer la proposition établie antérieurement (30) d'après laquelle la résultante des couleurs formant une partie continue du cercle chromatique, et prises en quantités équivalentes, comme en cet exemple, est la couleur située au milieu de l'arc qu'elles occupent.

4° Soient enfin les couleurs : $2\mathrm{R}$, $2\mathrm{B}_2\dot{\mathrm{V}}_4$, J_4, $2\mathrm{O}_5$, VE_4 à mélanger. On peut remarquer que plusieurs d'entre elles, le jaune, l'orangé, le vert, sont plus ou moins lavées.

$$8x = 2\mathrm{R} + 2\mathrm{B}_2\dot{\mathrm{V}}_4 + \mathrm{J}_4 + 2\mathrm{O}_5 + \mathrm{VE}_4$$

ou, multipliant tous les termes par 6 :

$$48x = 12\mathrm{R} + 4\mathrm{B} + 8\dot{\mathrm{V}} + 4\mathrm{J} + 10\mathrm{O} + 4\mathrm{VE}$$

or $\quad 8\dot{\mathrm{V}} = 4\mathrm{R} + 4\mathrm{B}; \quad 10\mathrm{O} = 5\mathrm{R} + 5\mathrm{J}; \quad 4\mathrm{VE} = 2\mathrm{B} + 2\mathrm{J}$

donc $\quad 48x = 21\mathrm{R} + 10\mathrm{B} + 11\mathrm{J} = \underset{a}{10\mathrm{B}} + \underset{b}{11\mathrm{J}} + \underset{c}{21\mathrm{R}}$

$$\left.\begin{matrix} 3a = 30 \\ b + c = 32 \end{matrix}\right\} \text{donc } 3a < b + c, \text{ d'où } E = b + c - 3a = 32 - 30 = 2$$

$$b_e = \frac{E\,(b-a)}{b+c-2\,a} = \frac{2\,(11-10)}{32-20} = \frac{1}{6} = \mathrm{J}_1$$

$$c_e = \frac{E\,(c-a)}{b+c-2\,a} = \frac{2\,(21-10)}{32-20} = \frac{11}{6} = \mathrm{R}_{11}$$

$$\mathrm{N}_m = 4a = 4 \times 10 = 40\mathrm{N}$$

d'où

$$48x = 40\mathrm{N} + \mathrm{R}_{11}\mathrm{J}_1$$

$$x = \frac{40}{48}\mathsf{N} + \frac{\mathsf{R}_{11}\mathsf{J}_1}{48} = \mathsf{N}_5 + \frac{11}{288} \text{ ou } \frac{1}{24} \text{ de } \mathsf{R} \text{ avec trace } \left(\frac{1}{288}\right) \text{ de } \mathsf{J}.$$

Ainsi quelque colorées et lavées de blanc que fussent les données du mélange le résultat est une teinte noirâtre teintée de $\frac{1}{24}$ de rouge et grisée de $\frac{3}{24}$ de blanc.

Cette tendance des couleurs à la disparition dans les mélanges peut se rattacher à la grande loi de la tendance universelle à l'équilibre stable; car, d'après la thermodynamie, la stabilité finale de l'univers matériel se confond avec l'immobilité et les ténèbres.

Quoi qu'il en soit, ce n'est pas seulement dans la réalisation des mélanges que les couleurs tendent vers zéro. En tout état, plus ou moins rapidement, sous l'action incessante du temps et des divers agents naturels, *les couleurs passent*, perdent leur éclat et s'éteignent.

Ainsi passent le monde et ses attraits!

Sic mundus transit et concupiscentia ejus. Qui autem facit voluntatem Dei manet in æternum. (I. JOAN. II. 17.)

FIN DU QUATRIÈME ET DERNIER LIVRE



TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

D

E

F

FIN DE LA TABLE

RÉPERTOIRE CHROMATIQUE

ATLAS

VINGT-NEUF TABLEAUX EN CHROMOS

REPRÉSENTANT 952 TEINTES DIFFÉRENTES & DÉFINIES

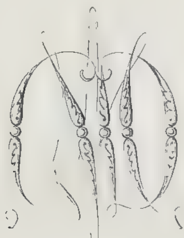
GROUPÉES EN PLUS DE 600 GAMMES TYPIQUES

par

Charles LACOUTURE,

Ancien professeur de Sciences physiques et naturelles à l'École Saint-Clément de Metz.

Iris erat in circuitu sedis.
Ap. IV. 3.



PARIS

TABLE

DES

PLANCHES DE L'ATLAS

Première section : **Frontispices du volume et de l'atlas.**

Deuxième section : **Combinaisons de chacune des douze principales couleurs avec le blanc et le noir.** *(Gammes de tons.)*

Troisième section : **Combinaisons de couleurs voisines.**

Quatrième section : **Combinaisons des couleurs les plus distantes, (ou primitives) entre elles.**

Cinquième section : **Combinaisons avec le noir des nuances dérivées de la troisième section.**

N. B. Les planches de cet atlas font honneur au savoir-faire artistique de M. G. Severeyns. Elles sont cependant encore loin de l'idéal typique. On peut espérer en approcher davantage, mais quoi qu'on fasse, entre leur conception théorique et leur représentation matérielle, il restera toujours une distance infranchissable.



ROSE SYNOPTIQUE

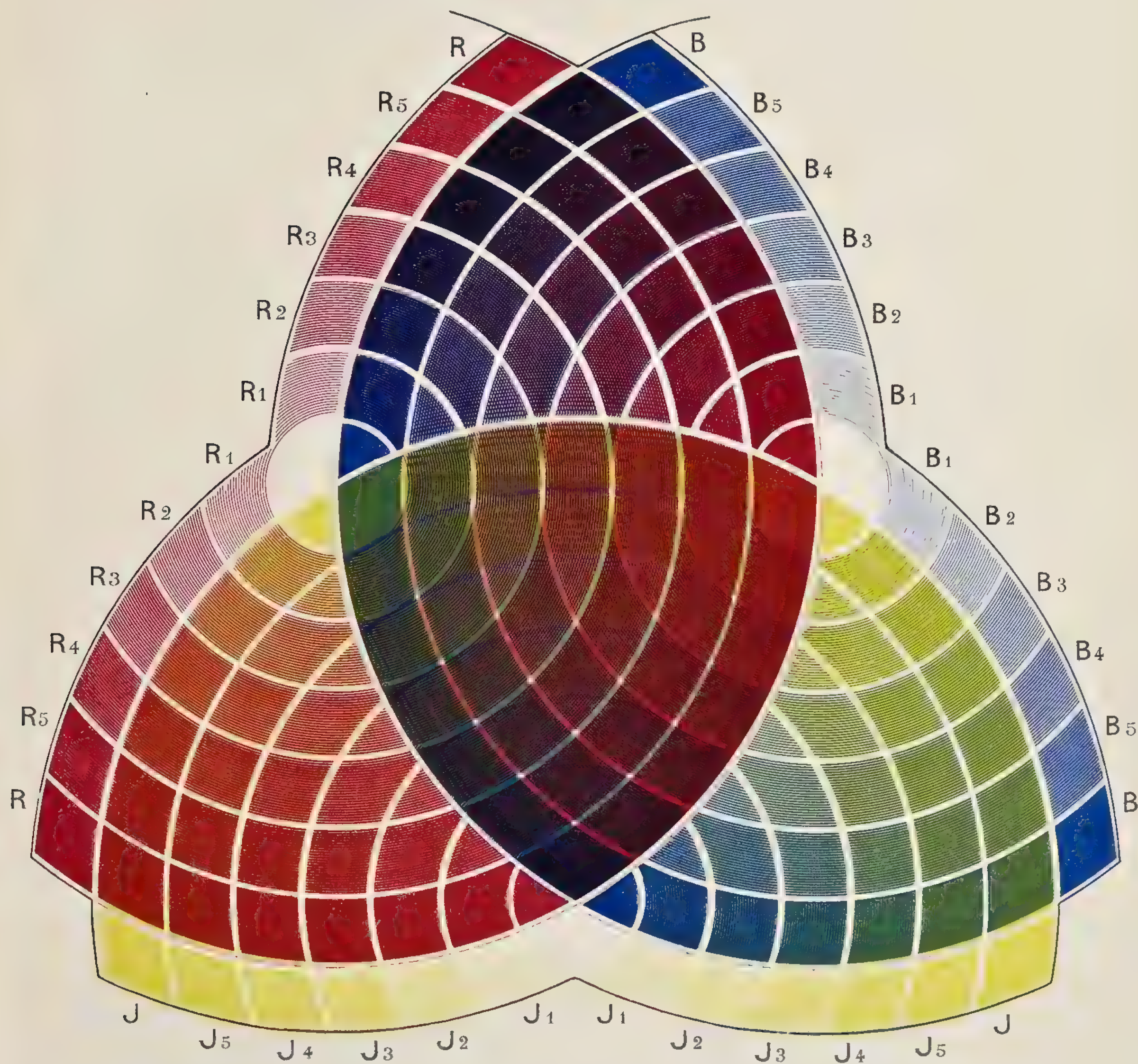


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. Devereux.



TRILOBE SYNOPTIQUE

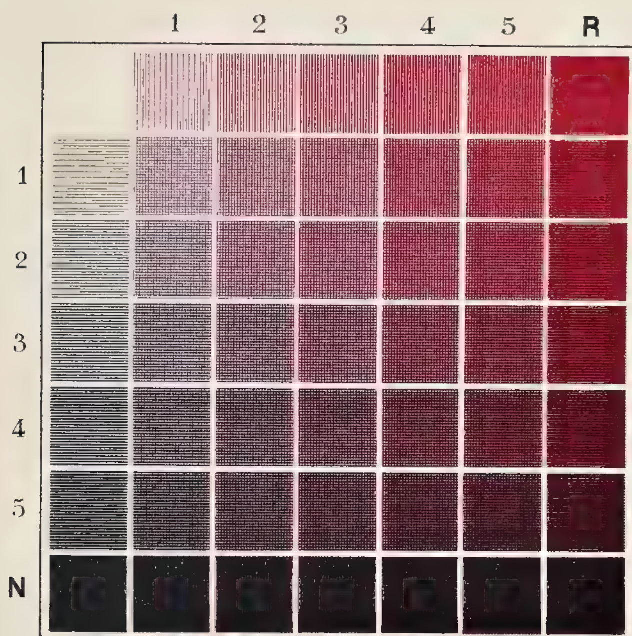


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.



Le ROUGE

ses gammes lavées, rabattues et grisées

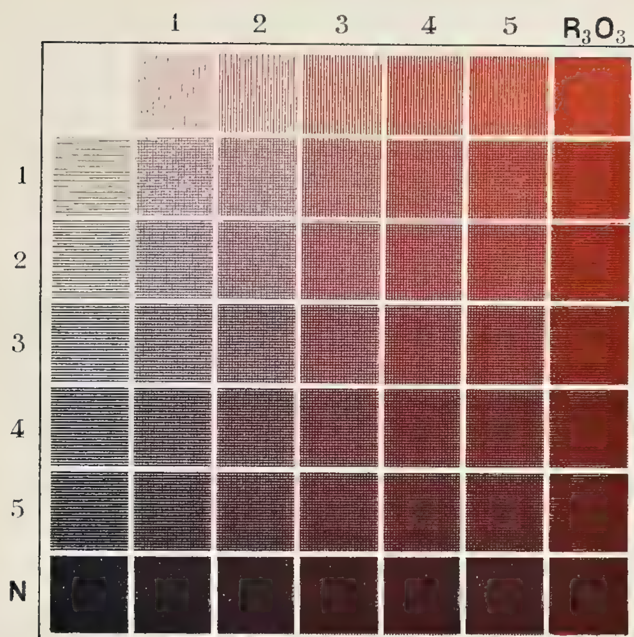


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. G Severeyns

LE ROUGE-ORANGÉ

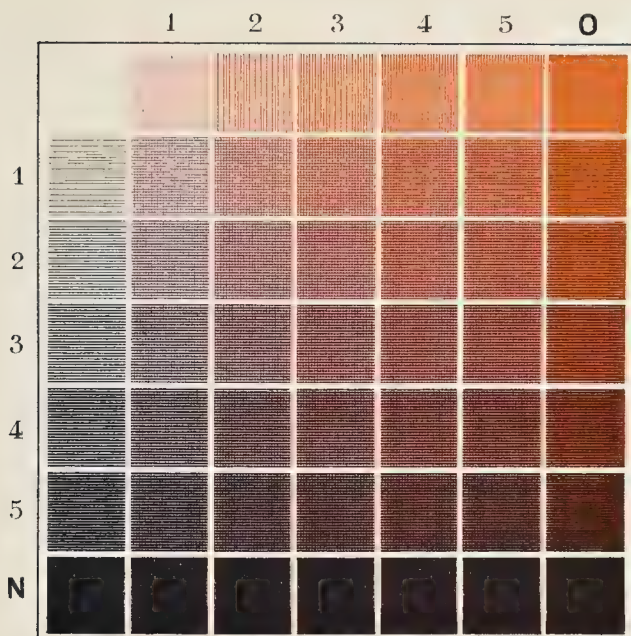
ses gammes lavées, rabattues et grisées



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

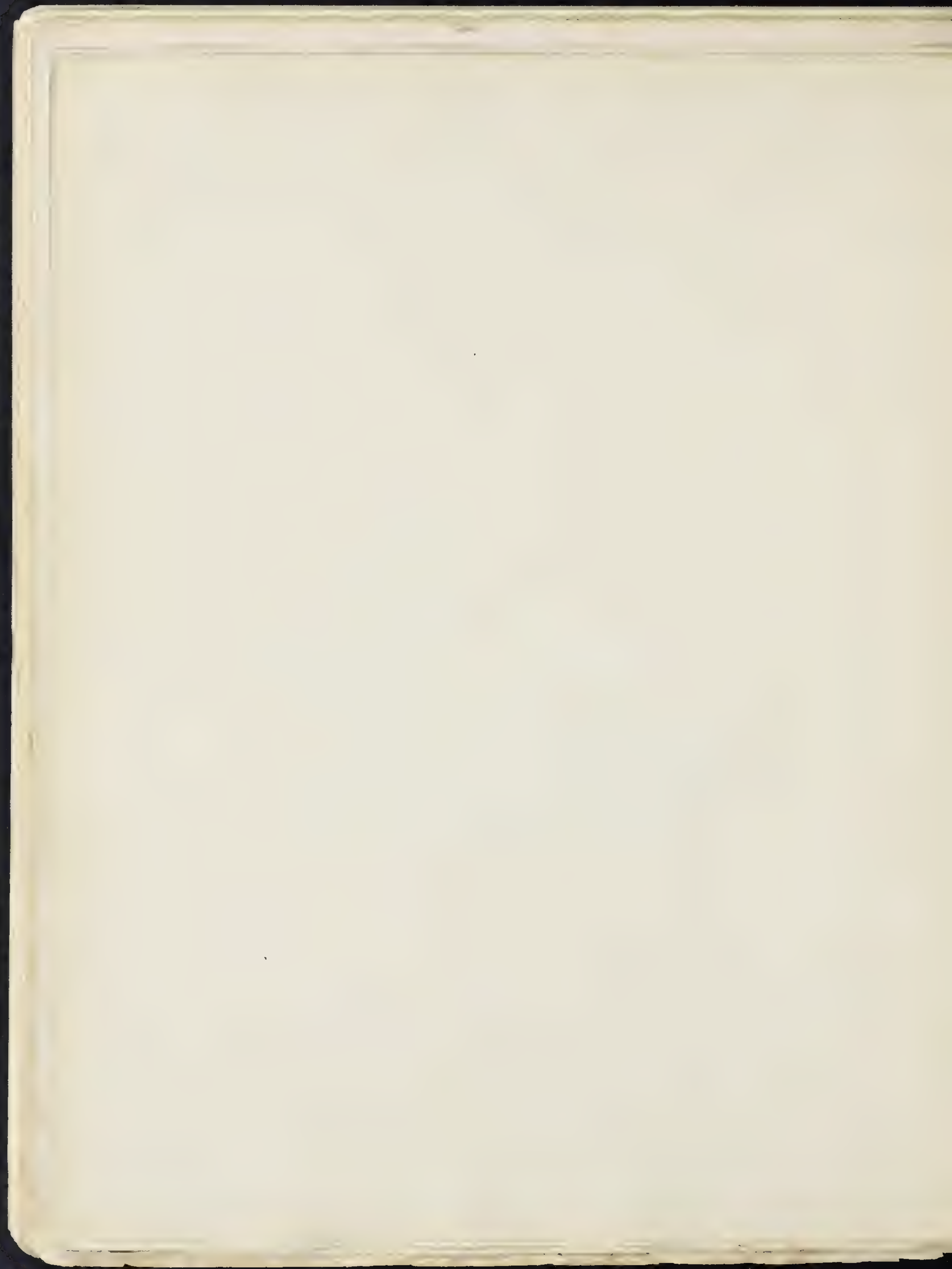
L'ORANGÉ

ses gammes lavées, rabattues et grisées



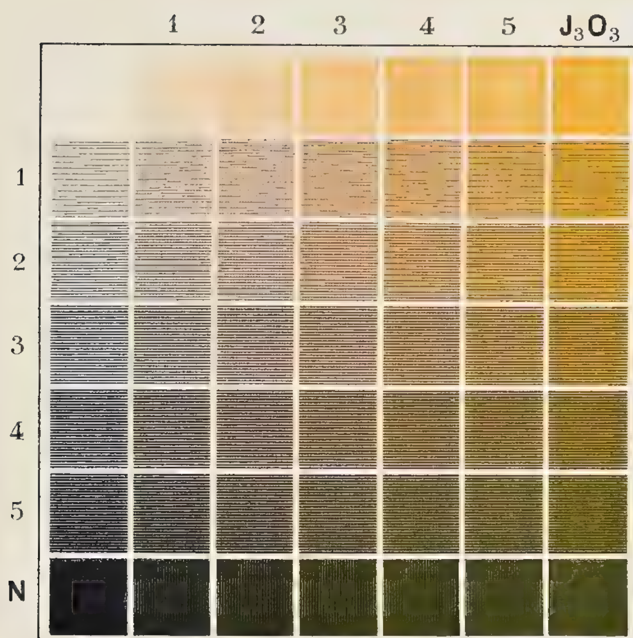
N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith G Severeyns



Le JAUNE-ORANGÉ

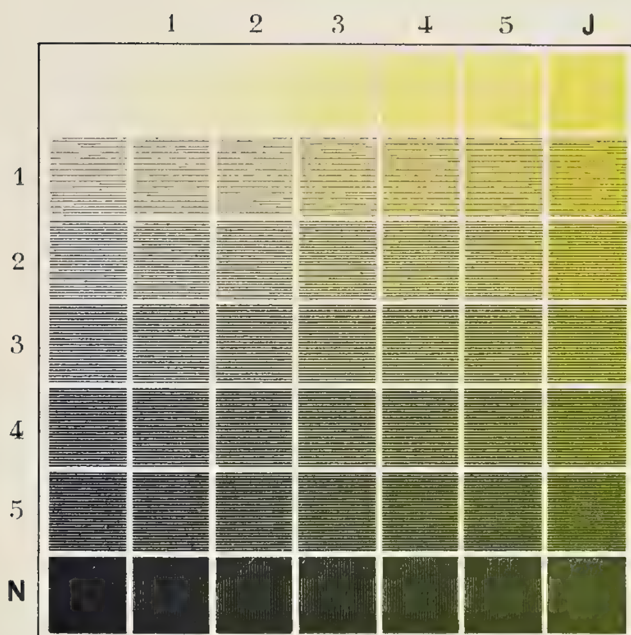
ses gammes lavées, rabattues et grisées



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Le JAUNE

ses gammes lavées, rabattues et grisées

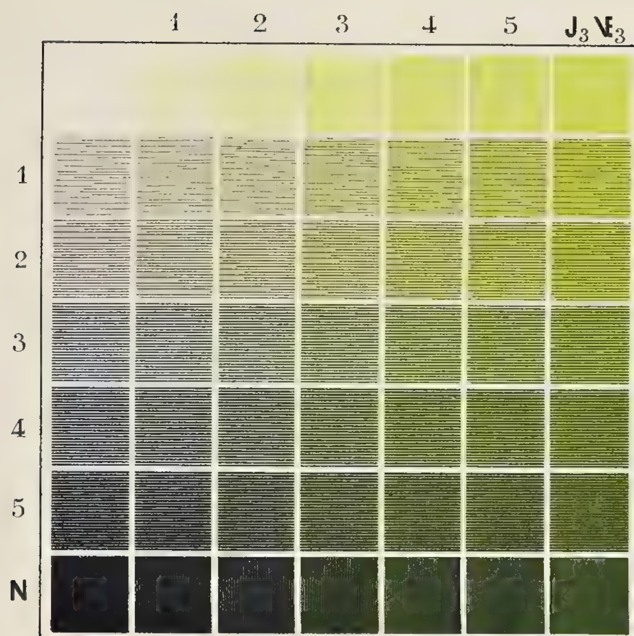


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. G Severeyns

LE JAUNE-VERT

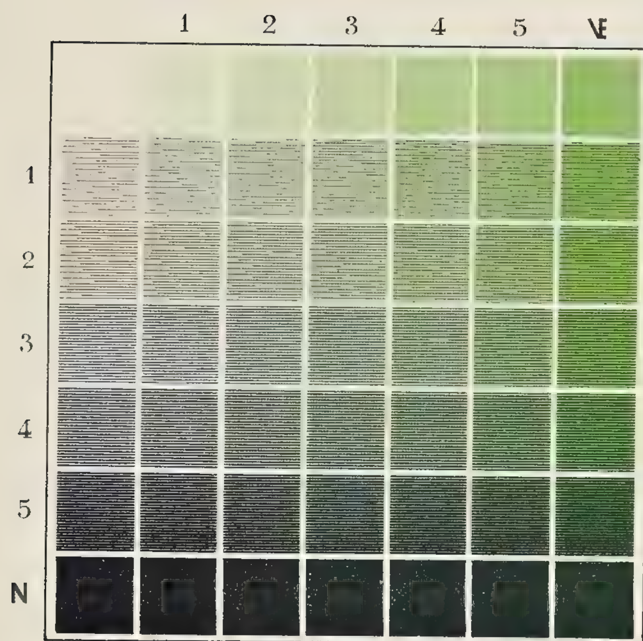
ses gammes lavées, rabattues et grisées



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Le VERT

ses gammes lavées, rabattues et grisées

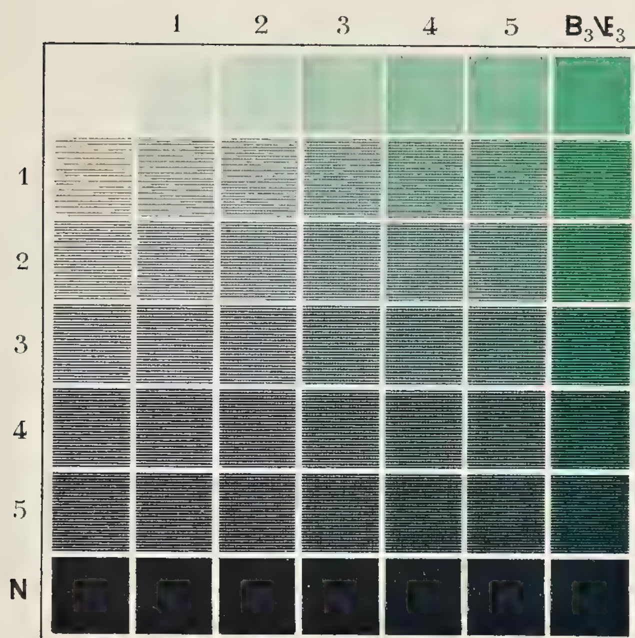


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. G. Severeyns

Le BLEU-VERT

ses gammes lavées, rabattues et grisées

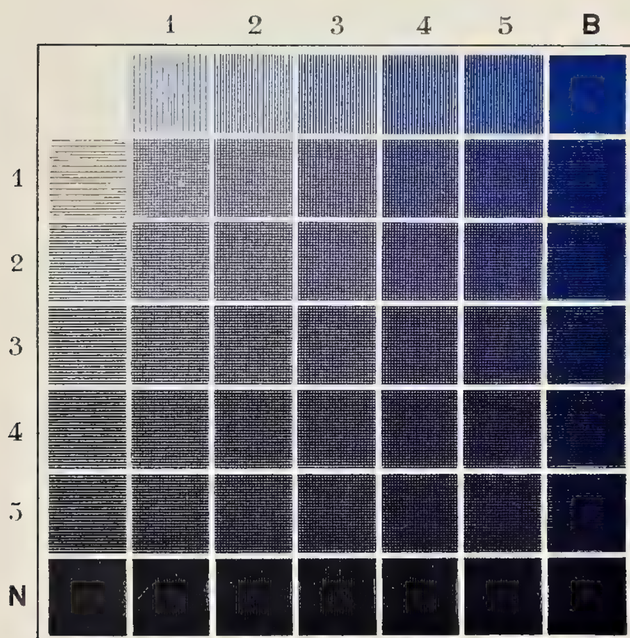


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. G Severeyns

Le BLEU

ses gammes lavées, rabattues et grisées

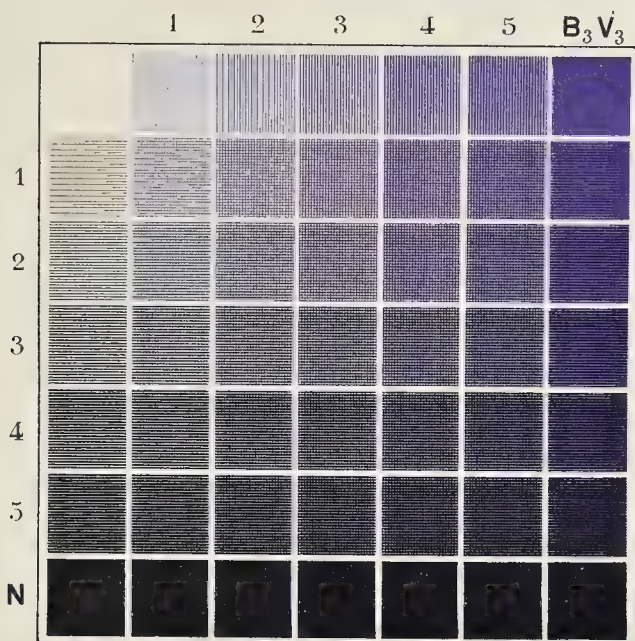


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith G Severeyns.

Le BLEU-VIOLET

ses gammes lavées, rabattues et grisées

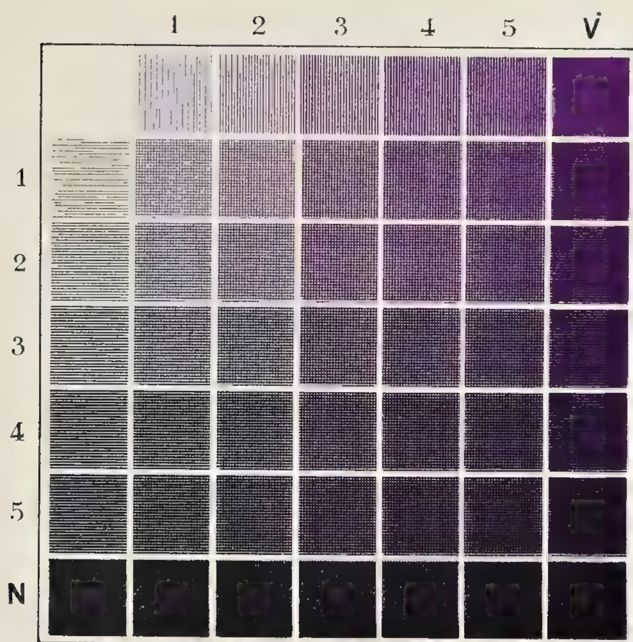


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. G. Severeyns

Le VIOLET

ses gammes lavées, rabattues et grisées

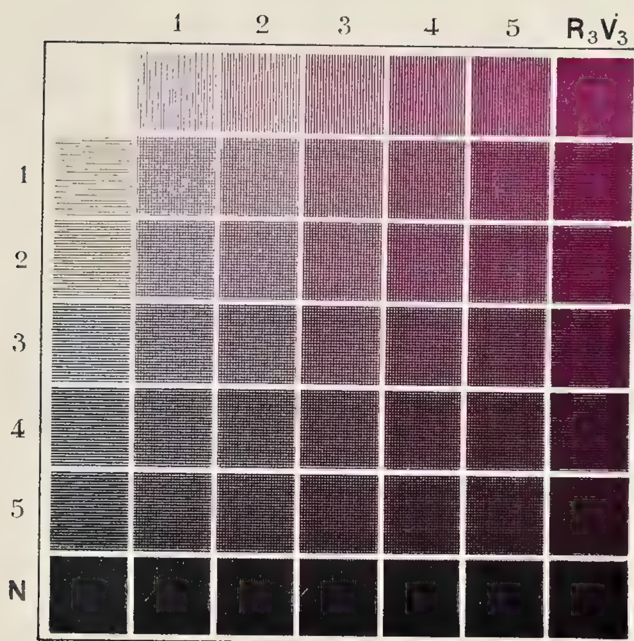


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith G Severeyns

Le ROUGE-VIOLET

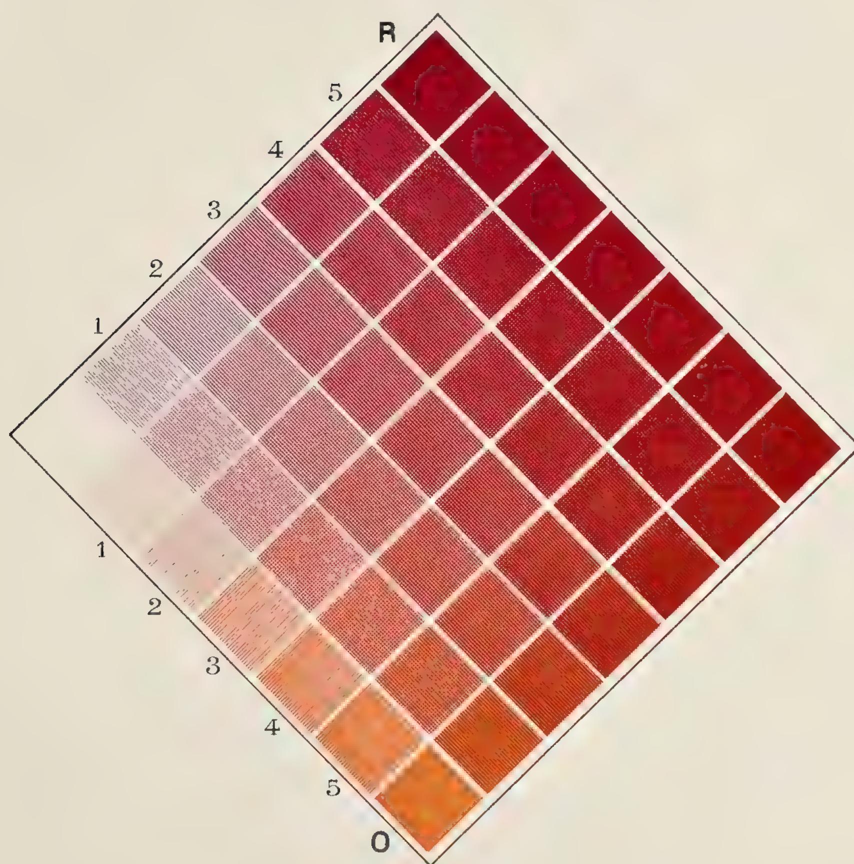
ses gammes lavées, rabattues et grisées



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Le ROUGE-ORANGÉ

ses gammes de nuances

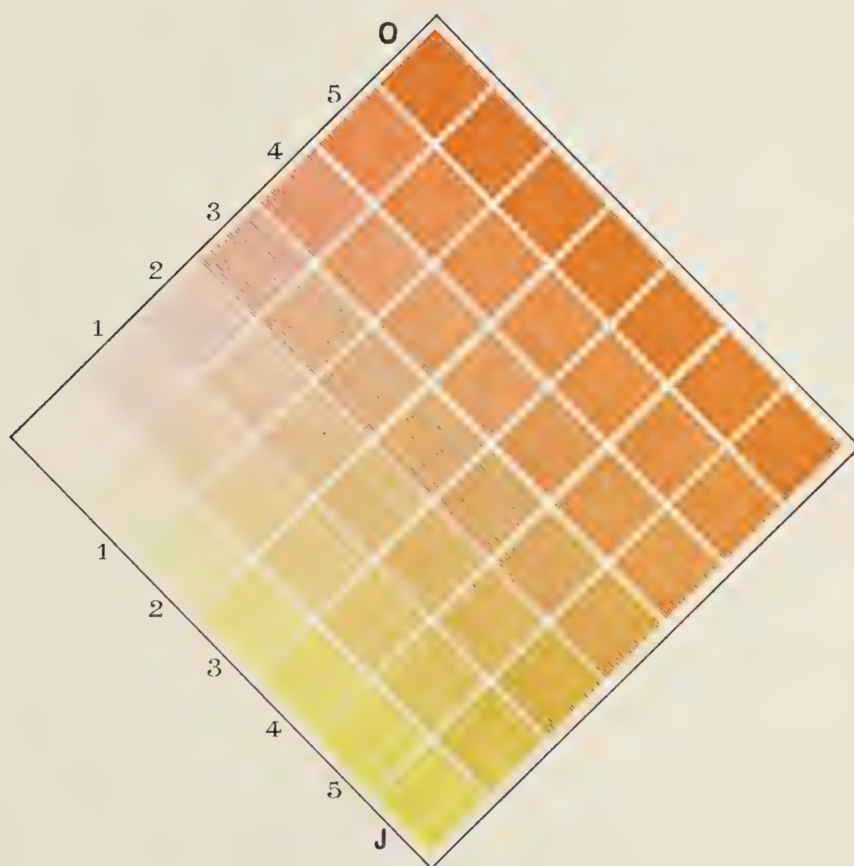


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.



L'ORANGÉ-JAUNE

ses gammes de nuances

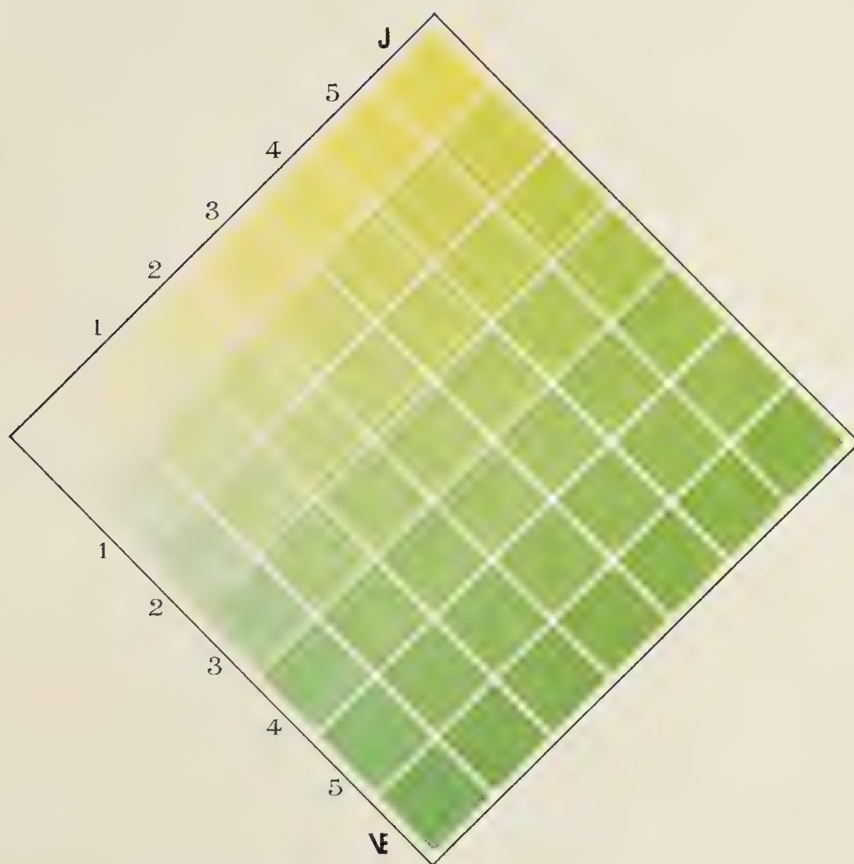


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. G Severeyns

Le JAUNE-VERT

ses gammes de nuances

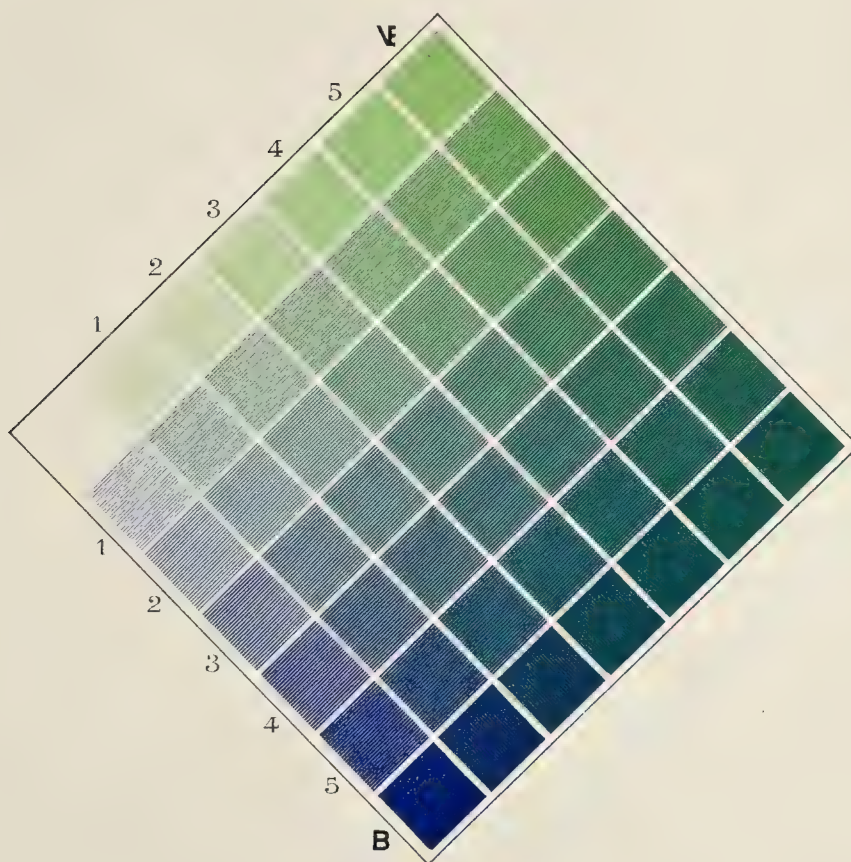


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. C. Severeyns.

Le VERT-BLEU

ses gammes de nuances

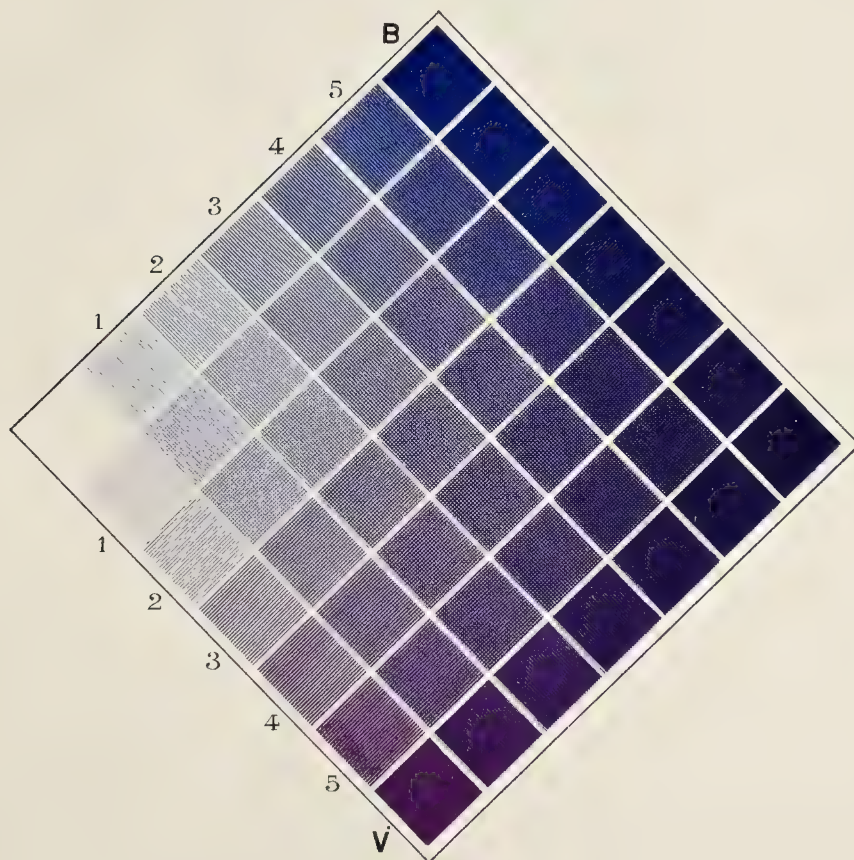


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Imp. lith. G. Severeyns

LE BLEU-VIOLET

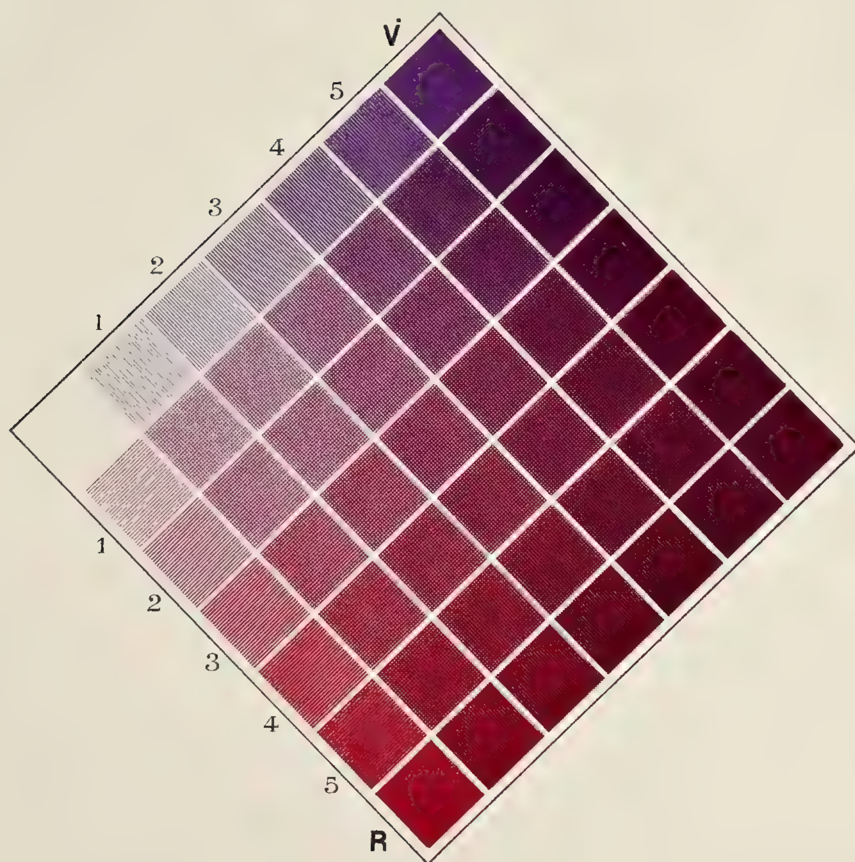
ses gammes de nuances



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Le VIOLET-ROUGE

ses gammes de nuances



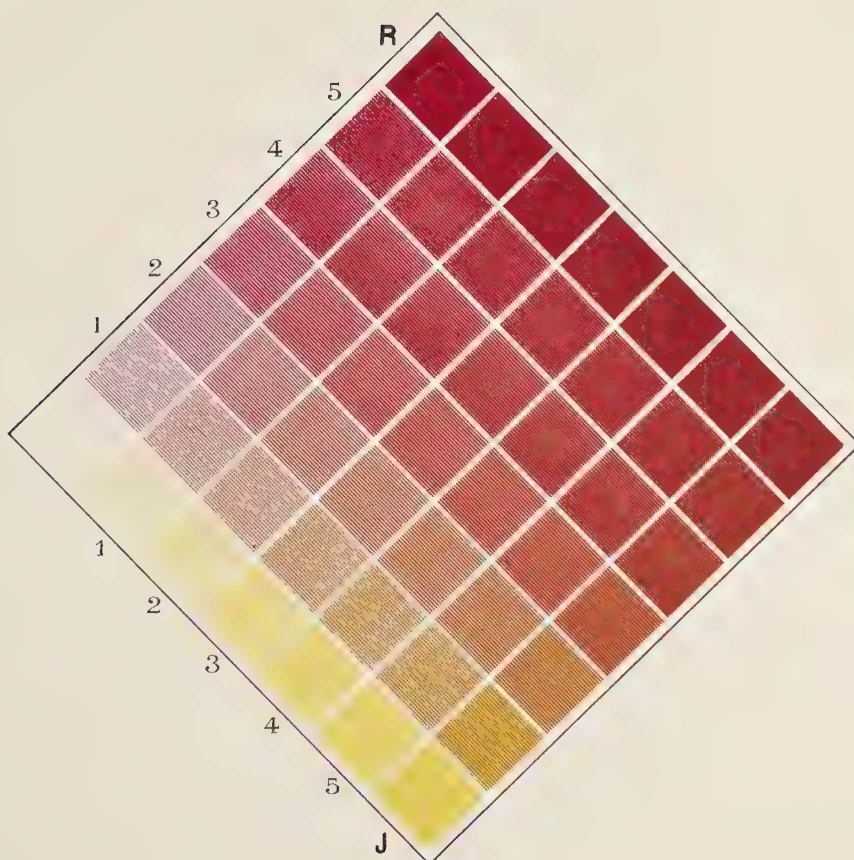
N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. C. Severeyns



L'ORANGÉ

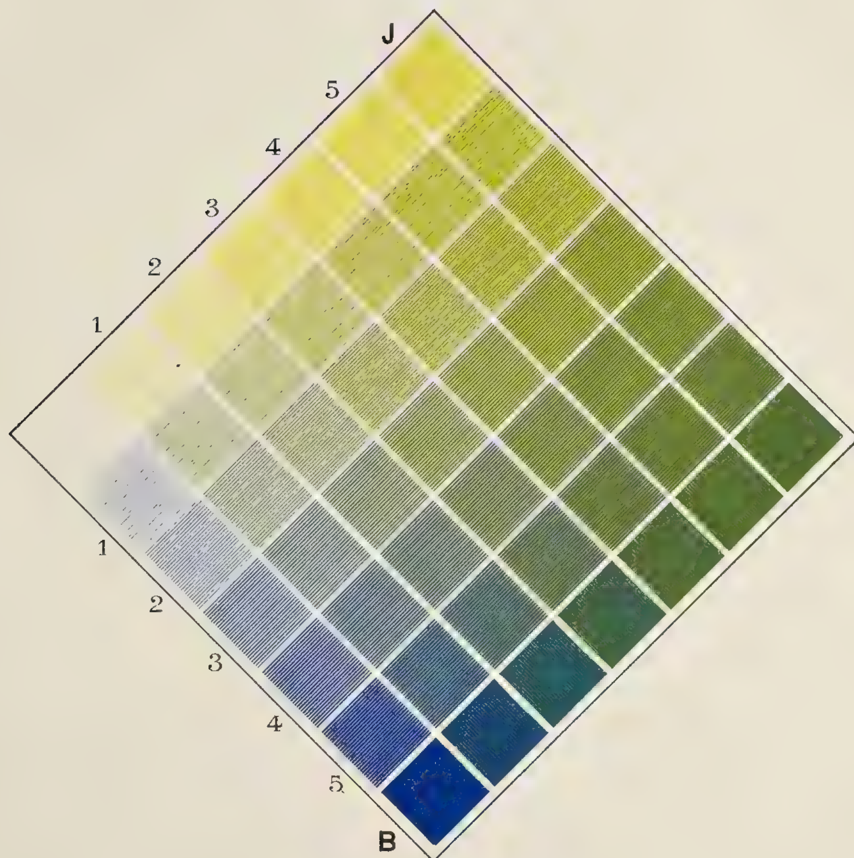
ses gammes de nuances



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Le VERT

ses gammes de nuances

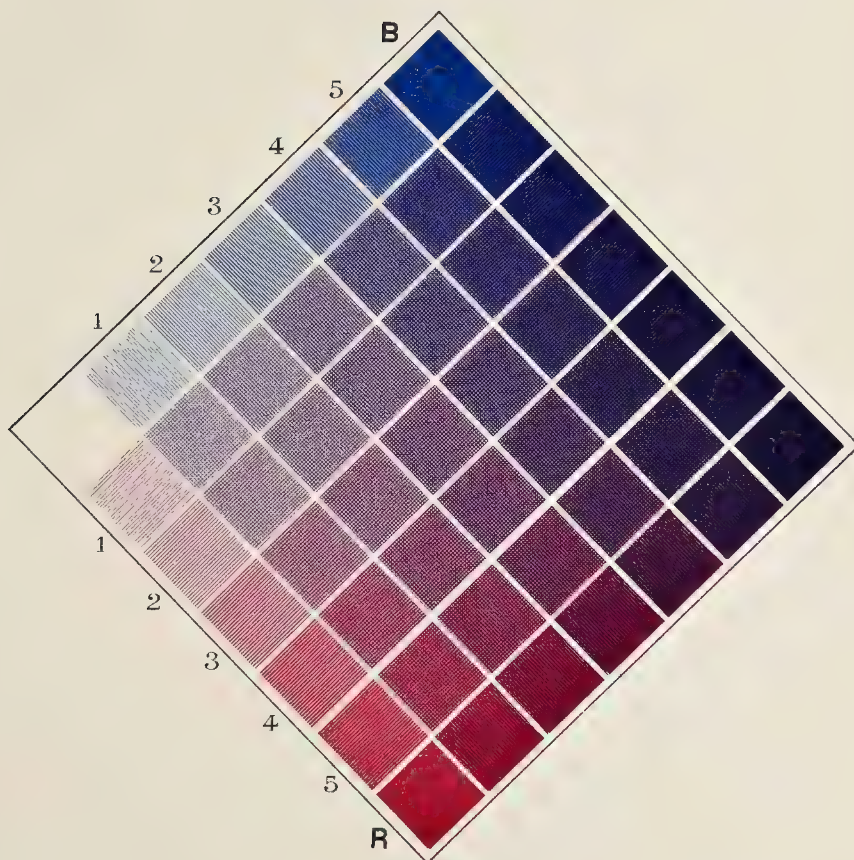


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith G Severeyns

Le VIOLET

ses gammes de nuances

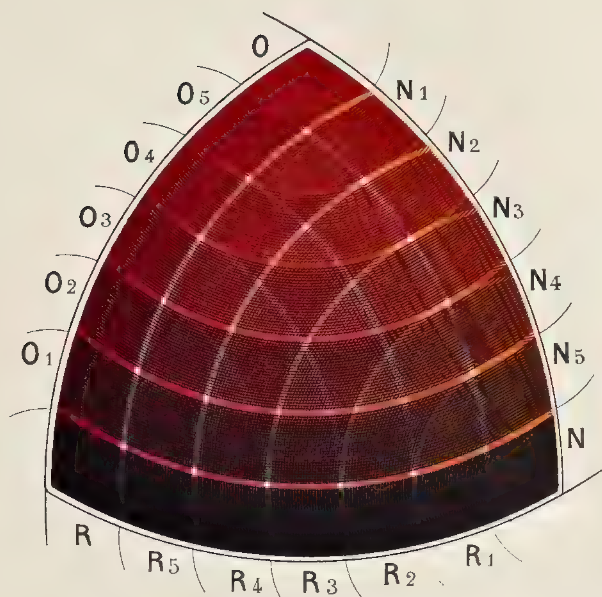


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith C Severeyns

Le ROUGE-ORANGÉ

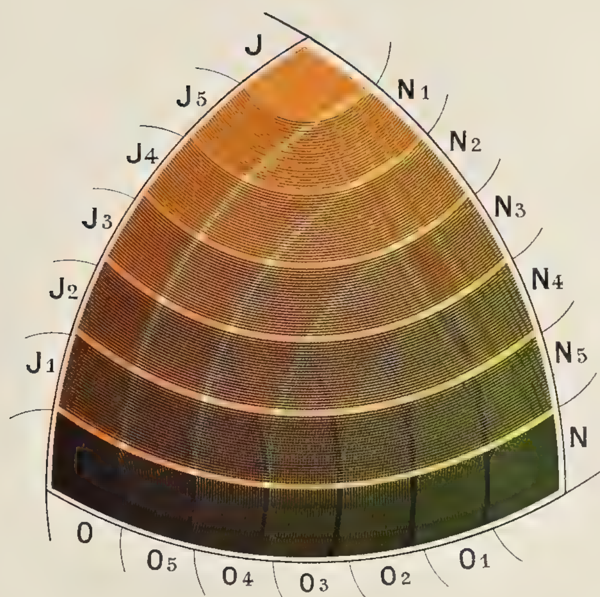
ses diverses nuances combinées avec le noir



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

L'ORANGÉ-JAUNE

ses diverses nuances combinées avec le noir

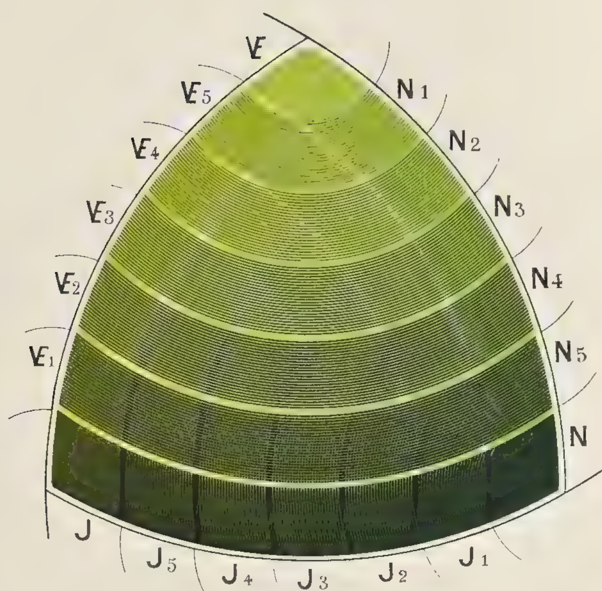


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. G. Severeyns.

Le JAUNE-VERT

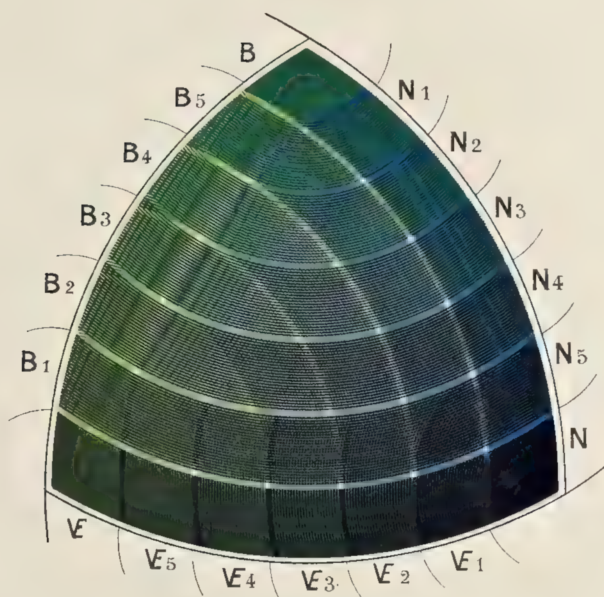
ses diverses nuances combinées avec le noir



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Le VERT-BLEU

ses diverses nuances combinées avec le noir

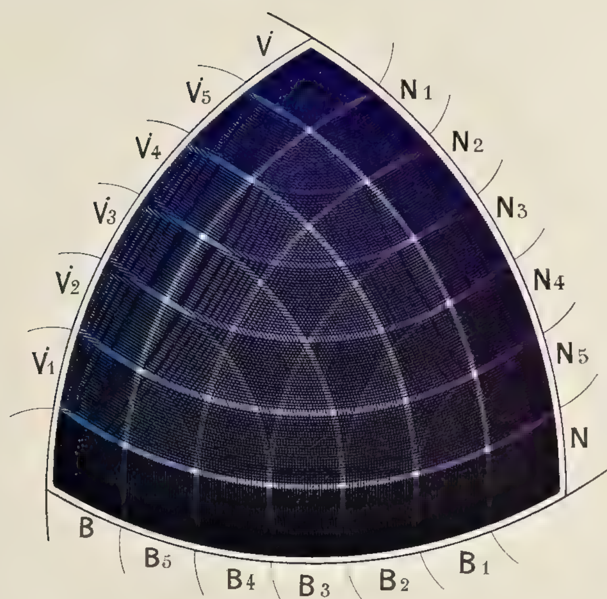


N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. G. Severeyns.

Le BLEU-VIOLET

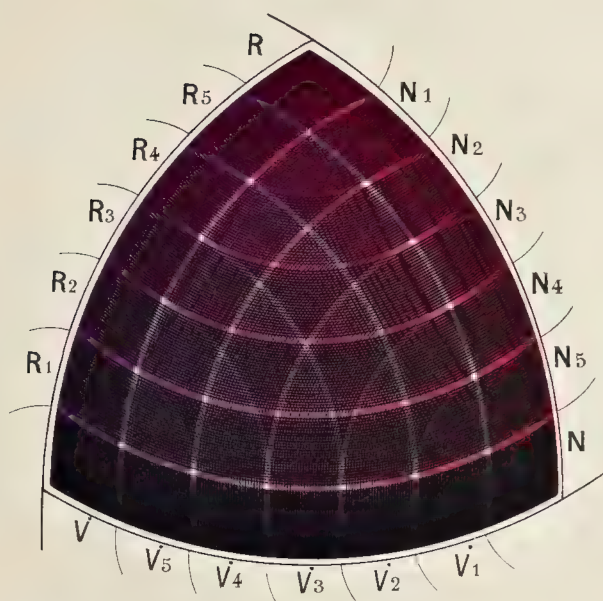
ses diverses nuances combinées avec le noir



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Le VIOLET-ROUGE

ses diverses nuances combinées avec le noir



N. B. Fermer l'atlas pour soustraire ces planches à la lumière aussitôt qu'on n'a plus besoin d'en faire usage.

Chromolith. C Severeyns

CAZIN (A.). — **La Spectroscopie.** In-18 (19-12), avec nombreuses figures; 1878 .... 2 fr. 75 c.

CHEVREUL (E.). — **Mémoire sur la vision des couleurs matérielles en mouvement de rotation** et des vitesses numériques de cercles dont une moitié diamétrale est colorée et l'autre blanche, vitesses correspondant à trois périodes de leur mouvement à partir de l'extrême vitesse jusqu'au repos. In-4 (28-23) avec 19 planches dont 16 en couleur; 1882. 7 fr. c.

CHEVREUL (E.). — **Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale**, précédées d'un avant-propos de M. Arnaud, aide-naturaliste au Muséum d'Histoire naturelle. Nouvelle édition publiée à l'occasion du Centenaire de 1789. Grand in-4 avec une belle photogravure de la médaille de Chevreul gravée par *Roty*, un fac-similé et 1 pl.; 1889 ..... 25 fr.

FINK (E.), Chef des travaux pratiques d'analyse à l'École de Physique et de Chimie industrielles de Paris. — **Précis d'Analyse chimique.** 2e édition revue et corrigée. 2 volumes in-16 (18-12), se vendant séparément :

Ire Partie : *Analyse qualitative.* Volume de IV-174 pages, avec 12 figures; 1906. Cartonné .... 3 fr. 50 c.

IIe Partie : *Analyse quantitative.* Volume de IV-380 pages avec 62 figures; 1907. Cartonné .... 5 fr.

FORCRAND (R. de), Correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, Directeur de l'Institut de Chimie de l'Université de Montpellier. — **Cours de Chimie** *à l'usage des étudiants du P. C. N.* Deux volumes in-8 (23-14) se vendant séparément :

Tome I : *Généralités. Chimie minérale.* Volume de VI-325 pages, avec 16 figures; 1905 .... 5 fr.

Tome II : *Chimie organique. Chimie analytique.* Volume de IV-317 p., avec 19 figures; 1905 .... 5 fr.

FOURIER. — **Œuvres de Fourier,** publiées par les soins de *Gaston Darboux*, Membre de l'Institut, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique. 2 volumes in-4 (28-23) se vendant séparément :

Tome I. — *Théorie analytique de la Chaleur.* Volume de XXVII-564 pages; 1888 .... 25 fr.

Tome II. — *Mémoires divers.* Volume de XVI-636 pages, avec un portrait de Fourier, reproduit en héliogravure; 1890 .... 25 fr.

GARÇON (Jules), Ingénieur chimiste. Licencié ès Sciences. — **Bibliographie de la Technologie chimique des fibres textiles.** *Propriétés. Blanchiment. Teinture. Matières colorantes. Impression. Apprêts.* Grand in-8; 1893 (Ouvrage couronné par la Société industrielle de Mulhouse dans sa séance du 26 octobre 1892) .... 6 fr.

GARÇON (Jules), Ingénieur chimiste. — **Répertoire général ou Dictionnaire méthodique de Bibliographie des Industries tinctoriales et des Industries annexes**, depuis les origines jusqu'à la fin de 1896. Technologie et Chimie. 2 volumes in-8 (25-16), 1800 pages environ, plus 1 volume de Tables (*Ouvrage récompensé par la Société industrielle de Mulhouse. Grand prix décennal Daniel Dollfus*). Prix de l'Ouvrage complet .... 100 fr.

Tome I : *Introduction et avertissement général. Notice sur les sources bibliographiques du Dictionnaire. Tables.*

Tome II : Dictionnaire de : *Accidents* à *Laboratoires de teintures et d'impression, Matériel* (exclusivement).

Tome III : Dictionnaire de *Laboratoires de teintures* à la fin.

GARÇON (Jules), Ingénieur-Chimiste, Licencié ès Sciences. — **La Pratique du teinturier.** 3 volumes in-8 (23-14), se vendant séparément. (Ouvrage honoré d'une récompense de la Société d'encouragement à l'Industrie nationale.)

Tome I : *Les Méthodes et les essais de teinture. Le succès en teinture;* 1893 .... 3 fr. 50 c.

Tome II : *Le Matériel de teinture*, avec 245 fig.; 1894 .... 10 fr.

Tome III : *Les Recettes types et les procédés spéciaux de teinture;* 1897 .... 9 fr.

JAMIN (J.), Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur de Physique à l'École Polytechnique, et **BOUTY**, Professeur à la Faculté des Sciences. — **Cours de Physique de l'École Polytechnique.** 4e édition, augmentée et entièrement refondue. 4 forts volumes in-8 (23-14) de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. Ouvrage complet .... 72 fr.

On vend séparément :

Tome I. — 9 fr.

1er fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique;* avec 150 figures et 1 planche .... 5 fr.

2e fascicule. — *Physique moléculaire;* avec 93 figures .... 4 fr.

Tome II. — Chaleur. — 15 fr.

1er fascicule. — *Thermométrie. Dilatations;* avec 98 figures .... 5 fr.

2e fascicule. — *Calorimétrie;* avec 48 figures et 2 planches .... 5 fr.

3e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur;* avec 47 figures .... 5 fr.

Tome III. — Acoustique; Optique. — 22 fr.

1er fascicule. — *Acoustique;* avec 123 figures .... 4 fr.

2e fascicule. — *Optique géométrique;* avec 139 figures et 3 planches .... 4 fr.

3e fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques. Optique physique;* avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur .... 14 fr.

Tome IV (1re Partie). — Électricité statique et dynamique. — 13 fr.

1er fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique;* avec 155 figures et 1 planche .... 7 fr.

2e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques;* avec 161 figures et 1 planche .... 6 fr.

Tome IV (2e Partie). — Magnétisme; Applications. — 13 fr.

3e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction;* avec 240 figures .... 8 fr.

4e fascicule. — *Météorologie électrique. Applications de l'électricité. Théorie générale*, avec 84 figures et 1 planche .... 5 fr.

Des **Suppléments** *destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.*

Ier Supplément. — **Chaleur, Acoustique et Optique,** par E. Bouty, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8 (23-14), avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

IIe Supplément. — **Progrès de l'Électricité. Oscillations hertziennes. Rayons cathodiques et rayons X,** par E. Bouty, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8 (23-14), avec 48 fig. et 2 planches; 1899. 3 fr. 50 c.

IIIe Supplément. — **Radiations, Électricité, Ionisation.** *Applications de l'Électricité, Instruments divers;* par E. Bouty, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8 (23-14), avec 104 figures; 1906 .... 8 fr.

— **Tables générales,** par ordre de matières et par noms d'auteurs, des quatre volumes du *Cours de Physique.* In-8 (23-14); 1891 .... 0 fr. 60 c.

55835 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS et Cie, quai des Grands-Augustins, 55.



Lacouture, Charles. *Répertoire chromatique, solution raisonée et pratique des problèmes les plus usuels dans l'étude et l'emploi des couleurs* (Paris, 1890).

First Edition of this rare treatise on color theory by the French botanist Charles Lacouture (1832-1908), Professor of Natural History at Metz. Dedicated to the memory of the greatest color theorist of the 19th century, Michel-Eugène Chevreul, Lacouture's *Répertoire* is an attempt to resolve the practical problems posed by the mixing of colors. In his introduction the author explains that Chevreul's important achievements in the classification of colors have not been translated into usable knowledge for artists, artisans and manufacturers, a gap he proposes to close in the present work, by simplifying and completing Chevreul's theory.

Ideally suited to chromolithographic reproduction, Lacouture's method uses the three primary colors to create all hues, not by changing the tint of the ink, but by varying the thickness and number of parallel or intersecting lines. The *Répertoire* is illustrated, as announced in the sub-title, by 29 chromolithographs representing 952 different hues, grouped in over 600 degrees of saturation ("gammes"). The frontispiece displays a 12-petalled diagram called a "rose synoptique," in which each section is keyed to one of the color plates by a diagram on the printed tissue guard; a second preliminary plate (numbered "1bis") displays Lacouture's "trilobe synoptique," which permits a comparative view of the colors and shows how the different colors are produced by the systematically varied mixture of red, yellow and blue. In January 1891 Lacouture's monograph was honored with a Gold Medal by the Société Industrielle du Nord de la France, as stated on a printed paper label tipped to the front flyleaf.

An unusual note on each of the plates advises the reader to close the book when finished in order to protect the plates from light. The delicate wrappers have some wear including a bit of loss at the foot of the spine, still a very nice copy. .

Illustrated with 29 chromolithographic plates, including frontispiece with printed tissue guard, a few text diagrams. Includes a transparent overlay and printed card screen.

This is a scarce treatise: Worldcat locates three copies in American institutions.

ÉCRAN

DESTINÉ A FACILITER L'EMPLOI DES TABLEAUX TYPIQUES

DU

RÉPERTOIRE CHROMATIQUE.

S'il est très utile *d'isoler l'objet* dont on veut déterminer la couleur (n° 88), il est encore plus nécessaire *d'isoler pour les yeux,* dans les tableaux typiques, *la teinte que l'on veut comparer à celle de l'objet;* autrement la réaction optique des teintes voisines peut fausser l'appréciation.

Pour isoler ainsi une teinte dans un tableau, on peut se servir du présent écran.

On le place sur le tableau qui correspond approximativement à la teinte donnée; puis on approche l'objet dont on veut déterminer la couleur, tout près de la fenêtre de l'écran que l'on fait glisser sur le tableau, dans un sens ou dans un autre, suivant que la couleur en question diffère soit en nuance, soit en ton, de la case du tableau visible par la fenêtre.



En procédant ainsi, on arrivera facilement sinon à une identification absolue, du moins à une approximation assez grande, que l'on complétera par la construction de la formule. (*Voir* n° 89 et suivants.)